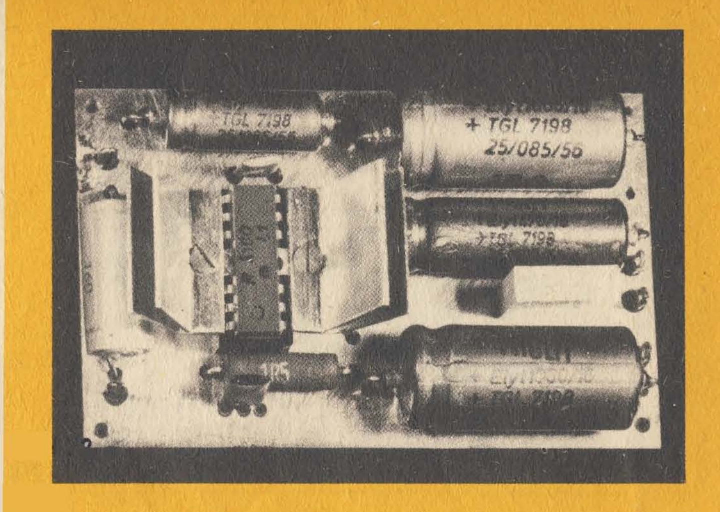


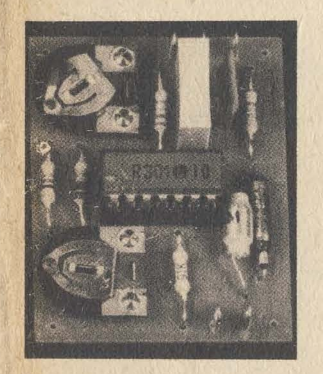


Bauplan Nr. 42

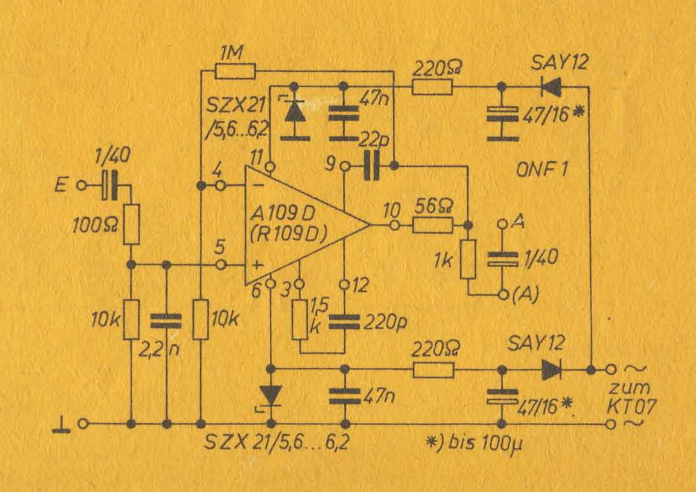
Preis 1,– Mark

Klaus Schlenzig
Dieter Jung

Analoge Bastelschaltkreise – mit 9 Leiterplatten







Inhalt

1. Einleitung

Bei der Fertigung aus den strengen TGL-Forderungen fallende, aber funktionsfähige Schaltkreise werden – siehe Bauplan Nr. 37 – nicht nur im digitalen Bereich, sondern auch bei analogen Typen über zusätzliche Messungen dem Amateur zugänglich gemacht. Sie sind durch ein »R« vor der Typennummer gekennzeichnet. Der Bauplan behandelt vorrangig Typen, deren Produktionsstückzahlen diesen Aufwand sinnvoll erscheinen lassen und die ab 1979 in den Amateurbedarfshandel gelangt sind. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß dem Herstellerwerk für diese Typen nur eine begrenzte Meßkapazität zur Verfügung steht. Dies und das unterschiedliche Produktionsvolumen je Typ sind Gründe dafür, daß der Bedarf nicht immer typengerecht und zu jedem beliebigen Zeitpunkt gedeckt werden kann. Für die Bauelemente, bei denen eine derartige Situation bereits zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Bauplans einzuschätzen war, wurden die Kurzkenndaten der Originaltypen mit angegeben. Auf diese Weise sichert die Mitarbeit eines mit dieser Materie vertrauten Fachmanns einen hohen Aussagewert für den Bauplan, dessen umfangreicher Datenteil gleichzeitig eine konzentrierte Information für weitergehende eigene schöpferische Beschäftigung mit diesen äußerst preiswerten Typen gewährleistet. Die ätzfesten typofix-Abreibefolien für die vorgestellten Leiterplatten, die sich schon bei Bauplan Nr. 37 als sehr vorteilhaft erwiesen, ermöglichen darüber hinaus leichtes Nachvollziehen durch den Anfänger. Auch er wird durch den zunehmenden Anteil an Schaltkreisen sogar in einfacheren Applikationen immer stärker mit ihnen konfrontiert. Der Bauplan soll ein Einarbeiten in diese Materie erleichtern. Der Bauplaninhalt (die Kombination von Daten-, Schaltungs- und Bauanleitungsteil) entspricht damit auf der »Analogseite« etwa dem, was Bauplan Nr. 37 bezüglich digitaler Amateurschaltkreise darstellte.

2. Übersicht

Gehäuseform und Anschlußbild sind unentbehrliche Informationen über einen integrierten Schaltkreis. Die Kenntnis der Einzelheiten des »Innenlebens« tritt immer mehr hinter der Frage zurück, welches Ausgangssignal zu erwarten ist, wenn dem Eingang eine definierte Information zugeführt wird. Auch bei der Analogtechnik vollzieht sich der Trend zu einem höheren Integrationsgrad, d. h. zu einer komplexeren Verknüpfung von komplizierten Teilfunktionen auf einem Halbleiterchip. (»Analog«: Das Ausgangssignal ist – in gewissen Grenzen – ein getreues Abbild des Eingangssignals; es gibt keine

Sprünge.) Selbst für einen gut vorgebildeten Amateur sind solche Innenschaltungen, bis zum einzelnen Funktionselement aufgelöst, nicht mehr überschaubar. Deshalb ist es meist sinnvoll, eine Darstellung in Form eines Übersichtsschaltplanes (»Blockdarstellung«) zu wählen. Bei einfacheren Schaltkreisen wird die Innenschaltung dagegen oft noch mit angegeben. Beide Varianten haben nur informativen Zweck. Bei der weiteren Betrachtung der Anschlußbilder ist zu beachten, daß sie grundsätzlich mit dem Blick auf die Oberseite dargestellt sind. Das hat praktische Gründe und muß vom Amateur beim Leiterplattenentwurf berücksichtigt werden. Nur so ist die Typenbezeichnung lagerichtig lesbar, wobei die Gehäusemarkierung in Form einer Aussparung auf der Oberfläche (Rechteckform, runde und in Zukunft halbrunde Vertiefung) stets nach links zeigt (Bild 1).

Die Eigenschaften und Einsatzbedingungen der einzelnen Typen werden durch die Angabe der Grenz- und Kennwerte beschrieben. Grenzwerte charakterisieren die Betriebsbedingungen, unter denen das Bauelement betrieben werden darf. Ein Über- oder auch Unterschreiten (das hängt von der »Wirkrichtung« der Beanspruchung ab) dieser Werte kann das Bauelement sofort zerstören und ist daher unbedingt zu vermeiden.

Kennwerte charakterisieren die Eigenschaften des Bauelements. Sie lassen sich in typspezifischen Meßschaltungen messen und werden in Form von Daten bzw. Kurven dargestellt. Sie unterscheiden sich in Garantiewerte (Minimal- bzw. Maximalwerte) und in typische Werte (Mittelwerte, die Exemplarstreuungen unterliegen). Bei der Darstellung der einzelnen Typen werden entsprechende Anwendungshinweise zur Applikation gegeben, die unbedingt beachtet werden müssen.

Dieser »Datenteil« hat eine besondere Bedeutung, weil erfahrungsgemäß nur ein kleiner Teil der Amateure über eine derartige Zusammenfassung verfügt. Die wichtigsten der bewährten Applikationsbeispiele des Herstellers wurden bereits im Datenteil mit aufgenommen, da diese Schaltungen mit zum Verständnis der Wirkungsweise bzw. der zu beachtenden Einsatzkriterien beitragen. Der mehr am schnellen Erfolgserlebnis durch Nachbauen interessierte Amateur findet dagegen in Abschnitt 5. spezielle Anregungen bis zum auf »typofix« vorliegenden Leiterbild.

2.1. Operationsverstärker R 109 D

Der Operationsverstärker R 109 D ist ein Verstärker mit hoher Spannungsverstärkung und großem Eingangswiderstand in Plastgehäuse (Bild 1 a). Er hat einen bezüglich der Phase der Ausgangsspannung invertierenden und einen nichtinvertierenden Eingang.

Seine Anschlußbelegung gemäß Bild 1 a ist folgende:

3	Eingangsfrequenzkompensation	10	Ausgang
4	invertierender Eingang	11	positive Betriebsspannung
5	nichtinvertierender Eingang	12	Eingangsfrequenzkompensation
6	negative Betriebsspannung	1, 2, 7, 8, 13, 14	nicht belegt
9	Ausgangsfrequenzkompensation		

Bild 2 zeigt das Schaltsymbol. Die Daten des R 109 D wurden in Tabelle 1 zusammengefaßt. Nähere Erläuterungen zu Operationsverstärkern siehe Abschnitt 5.2.!

Der Hersteller gibt zum R 109 D folgende Anwendungshinweise:

- Es ist zweckmäßig, die positive und die negative Versorgungsspannung U_{S+} und U_{S-} mit je einem Kondensator von 0,01...0,1 μF gegen 0 V abzublocken.
- Eventuelle Schwingneigung in der positiven Halbwelle der Ausgangsspannung wird durch einen Widerstand von 51 Ω im Ausgang vermieden.
- Es ist zu beachten, daß der Schaltkreis auch beim Betrieb in offener Schleife bereits frequenzkompensiert werden muß. Dazu sind 2 Kondensatoren mit den Werten C_{K1} = 10 pF und C_{K2} = 3 pF erforderlich.
- Beim Betrieb in geschlossener Schleife richten sich die Werte für die Frequenzkompensationsglieder nach der geschlossenen Schleifenverstärkung $|V_g|$ (vergleiche dazu Abschnitt 5.2.!).
- Für Verstärkungen $|V_g| > 30$ dB ist eine Offsetkompensation vorzusehen, um die Ausgangsruhespannung auf 0 V bei 0 V Eingangsspannung einstellen zu können (Bild 3).
- Für eine minimale Temperaturdrift müssen die von den Anschlüssen des invertierenden bzw. nichtinvertierenden Eingangs in die Schaltung hineingemessenen Widerstände gleich groß sein. Daraus resultiert die Bedingung $R3 = R1 \| R2$ (vergleiche Beispiele in Abschnitt 5.2.).

- Beim Betrieb als Spannungsfolger (das ist ein nichtinvertierender Verstärker mit V = 1, hohem Ein- und kleinem Ausgangswiderstand) kommt der Einhaltung des maximalen Gleichspannungsbereichs eine besondere Bedeutung zu.
- Der maximale Gleichtakteingangsspannungsbereich darf auch nicht kurzzeitig überschritten werden, da es sonst zum »latch up« (Festfahren oder Hängenbleiben der Ausgangsspannung) kommen kann. Es ist deshalb beim Betrieb des R 109 als Spannungsfolger in die Rückführung vom Ausgang auf den invertierenden Eingang ein Widerstand von 10 kΩ einzuschalten. Zwischen Ausgang und Anschluß 12 wird eine Diode geschaltet (Katode an 12).
- Sofern in der angewendeten Schaltung die Möglichkeit besteht, daß die Spannungsdifferenz direkt zwischen dem invertierenden und dem nichtinvertierenden Eingang größer als 5 V werden kann, ist ein besonderer Schutz für die Eingänge vorzusehen. Dieser Schutz kann entweder aus 2 in Reihe liegenden, gegensinnig geschalteten Z-Dioden oder mit Hilfe zweier antiparallel geschalteter, schneller Siliziumdioden realisiert werden.
- Bei Brettschaltungsaufbauten mit dem R 109 kann zum Schutz gegen unbeabsichtigte Verpolung der Betriebsspannungen vor die Anschlüsse U_{S+} und U_{S-} je eine Diode geschaltet werden, die bei versehentlich falscher Polung sperrt und die Zerstörung des Schaltkreises verhindert.

2.2. Komparator R 110 D

Der R 110 D ist ein Komparator (»Vergleicher«) in Plastgehäuse mit Differenzeingang und einem niederohmigen, mit allen Logikformen kompatiblen Ausgang für universelle Anwendung. Anschlußbelegung (vergleiche Bild 1 a):

2 0V	9 Ausgang
3 nichtinvertierender Eingang	11 positive Betriebsspannung
4 negative Betriebsspannung	1, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 14 nicht belegt

Das Schaltsymbol entspricht Bild 2. Tabelle 2 enthält die Daten des R 110 D. Der Hersteller gibt zu diesem Schaltkreis folgende Anwendungshinweise:
- Die Zuleitungen, besonders die Erdleitung, sollten so niedrige Impedanzen wie möglich aufweisen.
- Es ist zweckmäßig, die Versorgungsleitungen U_{S+} und U_{S-} direkt am Schaltkreis mit einem HF-Kondensator von 0,01 ... 0,1 μF und die Versorgungsleitungen für die Leiterplatte mit einem Kondensator von 10 μF abzublocken.
- Die Quellwiderstände der Signal- und Referenzquellen sollten gleich groß und kleiner als 200 Ω sein, um thermische Drift und die Offsetspannung gering zu halten.
- Eine Parallelschaltung von maximal 4 Ausgängen ist zulässig.
- Der Ausgang ist TTL-kompatibel und mit einem fan-out von 1 belastbar (d. h., es darf nur 1 Gattereingang angeschlossen werden).

Einsatzbeispiele zum R 110 D nach Herstellerangaben siehe Abschnitt 3.
Die folgenden 3 Schaltkreise sind NF-Leistungsverstärker. Sie werden in der Reihenfolge ihrer Zugänglichkeit vorgestellt. Gleichzeitig ist diese Reihenfolge auch nach steigender Verlustleistung bzw. höherem Gebrauchswert (je nach Einsatzfall!) geordnet. Generell muß man dazu Bild 1 b beachten: Während beim R 211 D und auch beim R 205 D noch von der sonst üblichen Numerierung Gebrauch gemacht wird (von 1 bis 14 beim R 211 D und 1 bis 16 beim R 205 D), werden beim R 210 D die Anschlüsse ohne die Kühlfahnen gezählt. Damit ergeben sich scheinbare Anschlußunterschiede bei in Wirklichkeit gleichen Leiterbildern für R 205 und R 210 D. Daher muß bei jeder Schaltung mit diesen Typen, die man aus der Literatur nachbauen möchte, zunächst die Bezifferung überprüft werden. Bild 1 b hilft dabei.

2.3. 1-W-NF-Verstärker R 211 D

Der R 211 D ist ein NF-Leistungsverstärker in Plastgehäuse mit hohem Eingangswiderstand, der durch ein externes Gegenkopplungsglied aus R und C leicht in der Verstärkung eingestellt werden kann. Er hat gemäß Bild 1 b in bisheriger Zählweise folgende Anschlußbelegung:

1 Bootsstrap	8 Eingang
2 Betriebsspannung	9 Gegenkopplung
3, 4, 5 Masse	10, 11, 12 Masse
6 Ausgang	13, 14 Frequenzkompensation
7 Masse	

Die Kühlflügel sind also Teil dieser Schaltung und dürfen beim Anschluß weder vergessen noch auf ein unzulässiges Potential gelegt werden. Tabelle 3 faßt die Daten des R 211 D zusammen.

Der Hersteller gibt zum R 211 D folgende Anwendungshinweise:
- Biegen der Kühlfahnen in die Horizontale ist nicht zulässig.
- Die Leiterplatte ist so zu gestalten, daß die Leiterzüge von Betriebsspannung, Masse und Lautsprecheranschluß kleinstmögliche Impedanzen aufweisen.
- Die Betriebsspannung U_S ist mit einem Elektrolytkondensator ≧ 100 μF so dicht wie möglich am Schaltkreis abzublocken.
- Die angegebene maximale Ausgangsleistung wird nur dann erreicht, wenn der Innenwiderstand der Versorgungsspannungsquelle $R_i \leq 50$ mΩ ist.
- Die maximale Eingangswechselspannung sollte $U_{i\,eff} = 250$ mV nicht überschreiten.
- Wird der R 211 aus einer hochohmigen Quelle angesteuert, sind gegebenenfalls die von der Röhrentechnik her bekannten Maßnahmen gegen Brumm- und Störspannungseinstreuung anzuwenden (Abschirmung, günstige Leitungsführung zum Eingang, kurze Leitungslänge).
- Als Koppelkondensator zum Eingang des R 211 (Anschluß 8) sollte kein Elektrolytkondensator verwendet werden.
- Ein Kurzschluß des Ausgangs (Anschluß 6) gegen Masse oder gegen die Betriebsspannung zerstört den Schaltkreis und ist deshalb zu vermeiden.
- Die Standardbeschaltung der Frequenzkompensation ist 56 pF zwischen Anschluß 13 und 14, 150 pF zwischen Anschluß 14 und 6, 100 nF zwischen Anschluß 6 und Masse.

Die untere Grenzfrequenz des RC-Gliedes am Anschluß 6 muß kleiner sein als die des RC-Gliedes von Anschluß 9 nach Masse.

2.4. 1,3-W-NF-Verstärker R 205 D

Dieser Typ wurde inzwischen durch den R 210 (siehe Abschnitt 2.5.) abgelöst, der gegenüber dem R 205 D mit einer Schutzschaltung gegen thermische Überlast ausgestattet ist. Da nicht ausgeschlossen werden kann, daß noch Exemplare des R 205 D im Handel angeboten werden und da Schaltungen aus der Literatur zugänglich sind, folgen dazu noch einige Hinweise: Die Standardbeschaltung der Frequenzkompensation besteht aus 470 pF zwischen Anschluß 7 und Anschluß 16, 3,3 nF zwischen Anschluß 7 und Masse, 100 nF und 1 Ω zwischen Anschluß 16 und Masse.

Wird die Gegenkopplung verringert, d. h. R 6 vergrößert, so muß man den Wert des Kondensators zwischen den Anschlüssen 7 und 16 ($C_{7,16}$ = 470 pF) entsprechend vergrößern. Das Verhältnis zum Kondensator zwischen Anschluß 7 und Masse ($C_{7,11}$ = 3,3 nF) sollte dabei $C_{7,16} : C_{7,11} \approx 1 : 6$ bleiben.

Die Kenndaten des R 205 D entsprechen im übrigen denen des R 210 D. Beide werden als Markentypen unter der Bezeichnung A 205 K und A 210 K auch mit Kühlkörper angeboten (vergleiche Hinweis zu Bild 1 b!) und sind dann mit 5 W belastbar.

2.5. 1,3-W-NF-Verstärker R 210 D

Der R 210 D ist ein gegen thermische Überlastung intern geschützter Leistungsverstärker in Plastgehäuse mit Kühlflügeln. Seine bereits der neuen Zuordnung entsprechende Anschlußbelegung (siehe Bild 1 b) lautet:

1 Betriebsspannung	7 Entkopplung
2, 3, 11 nicht belegt	8 Eingang
4 Bootsstrapanschluß	9 Masse 1
5 Frequenzkompensation	10 Masse 2
6 Gegenkopplung	12 Ausgang

Für die Innenschaltung soll die Übersichtsdarstellung nach Bild 4 genügen. Tabelle 4 faßt die Daten des R 210 D zusammen. Bei Wahl einer geeigneten Kühlfläche können auch mit dem A 210 D Leistungen bis etwa 5 W (P_{tot}) erreicht werden. Durch Angabe des Wärmewiderstands R_{thic} besteht für den fortgeschrittenen Amateur die Möglichkeit der Berechnung der für höhere Leistungen notwendigen Kühlflächen.

Für den R 210 D (sinngemäß also auch für den R 205 D) gibt der Hersteller die folgenden Applikationshinweise:

- Die Leiterplatte ist so zu gestalten, daß die Leiterzüge von Betriebsspannung, Masse und Lautsprecheranschluß kleinstmögliche Impedanzen aufweisen.
- Die Betriebsspannung U_S für den A 210 ist mit einem Elektrolytkondensator von 1000 μF so dicht wie möglich am Schaltkreis abzublocken (Anschluß 1).
- Die angegebene maximale Ausgangsleistung bei k = 10 % wird nur dann erreicht, wenn der Innenwiderstand der Spannungsquelle $R_i \leq 50$ mΩ ist.
- Wird der Schaltkreis aus einer hochohmigen Quelle angesteuert, sind gegebenenfalls die von der Röhrentechnik her bekannten Maßnahmen gegen Brumm- und Störspannungseinstreuung anzuwenden (Abschirmung, günstige Leitungsführung zum Eingang, kurze Leitungslänge).
- Als Koppelkondensator zum Eingang (Anschluß 8) sollte kein Elektrolytkondensator verwendet werden.
- Die maximale Eingangsspannung sollte $U_{i\,eff}$ = 200 mV nicht überschreiten. Der Gegenkopplungswiderstand R_f für die maximale Eingangsspannung beträgt daher 220 Ω für U_S = 12 V und 150 Ω für U_S = 16 V.
- Ein Kurzschluß des Ausgangs (Anschluß 12) gegen Masse oder gegen die Betriebsspannung $+U_S$ zerstört den Schaltkreis und ist deshalb verboten.
- Einstellung der oberen Grenzfrequenz bei R_f = 56 Ω (Werte für 20 kHz/10 kHz):
  C 5 (zwischen Anschluß 5–12) 820 pF/1500 pF,
  C 7 (zwischen Anschluß 5–Masse) 4,7 nF/5,6 nF.
- Die untere Grenzfrequenz des RC-Gliedes zwischen den Anschlüssen 12 und 1 muß kleiner sein als die des RC-Gliedes vom Anschluß 6 gegen Masse.
- Um bei kleinen Werten der Versorgungsspannung (4,0 V $\leq U_S \leq$ 6,0 V) auch die maximal mögliche Ausgangsleistung zu erhalten, ist die Beschaltung folgendermaßen zu ändern:
  - Der Lastwiderstand wird zwischen Anschluß 4 und Anschluß 1 geschaltet.
  - Der Kondensator zwischen den Anschlüssen 12 und 4 wird auf 1000 μF erhöht.

  Bei dieser Schaltungsausführung ist jedoch der Einfluß einer der Versorgungsspannung überlagerten Störspannung größer.

2.6. FM-ZF-Verstärker und Demodulator R 220 D

Dieser Schaltkreis in 14poligem Plastgehäuse wird hauptsächlich als Ton-ZF-Verstärker in Fernsehempfängern und als FM-ZF-Verstärker in Rundfunkempfängern eingesetzt. Seine Anschlußbelegung nach Bild 1 a ist folgende:

1 Masse	7, 9 Anschluß des Phasenschieberkreises
2 Basis T 2	8 NF-Ausgang
3, 4 mit Masse verbinden	11 Betriebsspannung
5 nicht beschalten	12 mit Masse verbinden
6, 10 ZF-Ausgang	13, 14 Anschlüsse des Eingangsnetzwerks

Auf die Wiedergabe der Innenschaltung wird aus Platzgründen verzichtet, da sie für den Anfänger ohnehin relativ unübersichtlich ist. Man arbeite mit den Applikationsbeispielen! Die Daten des R 220 D wurden in Tabelle 5 zusammengefaßt. Der Hersteller gibt für diesen Schaltkreis folgende Anwendungshinweise:

- Die Leiterplatte für den R 220 D ist so zu gestalten, daß maximale Masseflächen vorhanden sind.
- Die Anschlüsse 6 und 10 nicht erden, da das Bauelement sonst zerstört wird! Diese Anschlüsse dürfen auch nicht kapazitiv belastet werden (Schwingneigung).
- Die Anschlüsse 2 und 13 auf der Leiterplatte müssen unmittelbar am Schaltkreis abgeblockt sein (Epsilan- bzw. Folienkondensatoren).

- Bei kapazitiver Einspeisung des Eingangssignals darf der Rückführwiderstand vom Anschluß 13 zum Anschluß 14 nicht größer als 1 kΩ sein.
- Der Ausgangswiderstand am Anschluß 8 von etwa 2,6 kΩ bildet mit dem 22-nF-Kondensator die Deemphasis von τ = 50 μs. (Deemphasis ist die Wiederabsenkung der im Sender aus Übertragungsgründen angehobenen Amplituden der höheren Tonfrequenzen.) Wird keine Deemphasis verwendet, so ist ein der Betriebsfrequenz entsprechender HF-Siebkondensator vorzusehen. Er muß so geerdet sein, daß keine HF-Ausgangsströme zum Schaltkreiseingang gelangen.
- Es ist zweckmäßig, den Schaltkreis über ein RC-Siebglied mit der Betriebsspannung zu versorgen, um eine Entkopplung zu anderen Baugruppen zu erzielen. Die maximale Größe des Widerstands richtet sich nach der Höhe der Betriebsspannung und dem durch den Betriebsstrom über R entstehenden Spannungsverlust.

2.7. AM-Empfängerschaltung R 244 D

Hauptanwendung dieses interessanten Schaltkreises in 16poligem Plastgehäuse sind AM-Empfänger bis 30 MHz. Der Schaltkreis enthält neben Vor-, Misch- und Oszillatorstufe einen 4stufigen ZF-Verstärker und 2 voneinander unabhängige Regelkreise.

Der R 244 D hat folgende Anschlußbelegung:

1, 2 Eingangskreis	10 Ausgang Indikator
3 Eingang HF-Regelung	11, 12 ZF-Eingänge
4, 5, 6 Oszillatorkreis	13 Anschluß C
7 ZF-Ausgang	14 Betriebsspannung
8 Masse	15, 16 Mischerausgänge
9 Eingang ZF-Regelung	

Bild 5 zeigt die Innenschaltung in Übersichtsdarstellung einschließlich der prinzipiellen externen Beschaltung, also praktisch bereits einen kompletten AM-Empfänger, aber noch ohne NF-Verstärker. Tabelle 6 faßt alle wichtigen Daten zusammen. Um die Marktlage bei diesem Typ zu berücksichtigen, gibt Tabelle 7 noch die Daten des Markentyps A 244 D wieder. Folgende Anwendungshinweise gibt der Hersteller zum R 244 D:

- Die Leiterplatte ist so zu gestalten, daß maximale Masseflächen vorhanden sind.
- Die Betriebsspannungszuführung muß zur Verhinderung von Störungen mit einem Kondensator von 10 ... 100 nF gegen Masse möglichst dicht am Schaltkreis abgeblockt werden.
- Der Oszillatorkreis ist so zu dimensionieren, daß am Anschluß 5 eine Oszillatorspannung U_{eff} von etwa 150 mV liegt.
- Es ist vorteilhaft, eine erdfreie Ansteuerung an den Anschlüssen 1 und 2 vorzusehen, da so Gleichtaktstörungen besser unterdrückt werden.
- Eine einseitige kapazitive Ansteuerung am Anschluß 1 oder 2 ist möglich, der nicht benutzte Eingang ist dabei kapazitiv zu erden.
- Die Mischerausgänge 15, 16 können gleichberechtigt verwendet werden.
- Der Mischerlastwiderstand (ZF-Selektion) am Anschluß 15 bzw. 16 soll bei etwa 7 kΩ liegen.
- Der ZF-Spannungsübertragungsfaktor von Anschluß 15 bzw. 16 zum Anschluß 12 ist bei etwa −18 dB günstig.
- Alle HF-Abblockkondensatoren sollen einen Wert von 100 nF haben.
- Bei Betrieb mit Ferritantenne ist auf eine ausreichende Entkopplung von Ferritstab und Oszillatorspulen zu achten.
- Es ist vorteilhaft, die gesamte Schaltung durch eine Blechhaube abzuschirmen.

2.8. AM-FM-ZF-Verstärker R 281 D

Das Haupteinsatzgebiet dieses relativ einfachen, dennoch aber recht vielseitigen Schaltkreises im Plastgehäuse sind batterie- und netzgespeiste Rundfunkempfänger. Seine Anschlußbelegung lautet:

1 Masse	3, 14 nicht belegt
2 Eingang	4 Emitter T 6

5 Regelspannungsrückführung
6 Masse
7 Emitter T 3
8 Ausgang
9, 10 nicht belegt
11 Betriebsspannung U_S
12 Basis T 4
13 interne stabilisierte Spannung

Bild 8 zeigt die Innenschaltung, und Tabelle 8 faßt die Daten des R 281 D zusammen.

Der Hersteller gibt folgende Anwendungshinweise:

- Die Leiterplatte ist so zu gestalten, daß maximale Masseflächen vorhanden sind.
- Der Eingangsstrompfad Generator–Anschluß 2–Anschluß 4–Masse sollte den Ausgangsstrompfad Anschluß 8–Filter AM/FM–Masse–Anschluß 7 nicht berühren.
- Bei kapazitiver Ansteuerung am Anschluß 2 muß der Widerstand zwischen Anschluß 2 und 4 $\leq$ 3,3 kΩ bleiben.
- Es ist vorteilhaft, die nicht beschalteten Anschlüsse 3, 9, 10, 14 zu erden.
- Die Abblockkondensatoren an den Anschlüssen 4, 7, 11, 12 sind je nach Einsatzfrequenzbereich zu wählen und sollten möglichst aus Epsilan sein.
- Die Lage der Bauelemente auf der Leiterplatte ist nach den üblichen HF-technischen Gesichtspunkten (maximale Entkopplung von Ein- und Ausgangsbeschaltung der IS) zu wählen.
- Es ist günstig, die Betriebsspannung über einen Vorwiderstand an die IS zu legen, da so eine bessere Entkopplung zu anderen Baugruppen ermöglicht wird (Hinweis beim R 220 D beachten!).

2.9. Initiatorschaltung R 301 D (A 301 D)

Hauptanwendungen dieses Schaltkreises im 14poligen Plastgehäuse sind Schlitz-, Näherungs- und Ringinitiatoren. Seine Anschlußbelegung lautet:

1, 7, 8, 14 nicht belegt
2 Eingang E 2
3 Eingang E1
4 Ausgang A 1
5 Ausgang A 2
6 Ausgang Q
9 Masse
10 Ausgang $\overline{Q}$
11 Betriebsspannung U_S
12 Anschluß C
13 Ausgang der stabilisierten Spannung U_{Au}

Bild 7 gibt eine Übersichtsdarstellung der Innenschaltung des R 301 D. Im allgemeinen wird der Eingangsverstärker als Oszillator betrieben, dessen Verhalten durch den Schwellwertschalter ausgewertet wird. Auch der Eingangsverstärker läßt sich aber z. B. als Schwellwertschalter einsetzen.

Die Daten des R 301 D wurden in Tabelle 9 zusammengefaßt. Mit Rücksicht auf die Marktlage werden ihnen in Tabelle 10 die Daten des Markentyps A 301 D gegenübergestellt.

Der Hersteller gibt folgende Anwendungshinweise:

- Die Leiterplatte ist so zu gestalten, daß maximale Masseflächen vorhanden sind.
- Die Betriebsspannungszuführung (Anschluß 11) sollte zur Verhinderung von Störungen mit einem Kondensator von 10 ... 100 nF gegen den Masseanschluß (Anschluß 9) abgeblockt werden; dabei sind Leitungslängen so kurz wie möglich zu halten.
- Der Anschluß für die stabilisierte Spannung U_{Au} (Anschluß 13) darf mit maximal 1 mA belastet werden; eine Abblockung dieses Anschlusses ist statthaft, solange die Abblockkapazität $\leq$ 47 nF bleibt.
- Bei Einsatz als Schmitt-Trigger darf die Spannung am Eingang des R 301 D (Anschluß 12) nur im Bereich $-0{,}7\ V \leq U_{12} \leq U_{Au}$ liegen. In dieser Betriebsart sind die Anschlüsse 3 und 4 kurzzuschließen, der Oszillatorteil ist damit außer Betrieb gesetzt.

3. Applikationsempfehlungen nach Herstellerangaben

3.1. Fensterdiskriminator mit R 110 D

Mit der in Bild 8 dargestellten einfachen Grundschaltung läßt sich eine Funktion der Ausgangsspannung erreichen, die ein Fenster zwischen den beiden Bezugsspannungen $U_{ref\,1}$ und $U_{ref\,2}$ bildet (Bild 8b). Die

untere Grenze ($U_{ref\,1}$) wird an den nichtinvertierenden Eingang des einen R 110 D, die obere Grenze ($U_{ref\,2}$) an den invertierenden Eingang des anderen R 110 D gelegt. Die beiden übrigen Eingänge werden zusammengeschaltet, ihnen wird die zu vergleichende Spannung zugeführt.

Entsprechend den Anwendungshinweisen in Abschnitt 2.2. sind R 1 bis R 3 so zu wählen, daß die 200-Ω-Bedingung möglichst eingehalten wird. Das läßt sich z. B. durch niederohmige Potentiometer für U_{ref} und gegebenenfalls durch einen Spannungsfolger für u_i erreichen.

3.2. Monostabiler Multivibrator mit R 110 D

Die Schaltung nach Bild 9a wird mit negativen Impulsen am Eingang A getriggert und liefert ein Ausgangssignal nach Bild 9b. Der Schwellwert wird an B vorgegeben. Mit C 1, R 2 und R 3 läßt sich die Ausgangsimpulsdauer t_p einstellen:

$$t_p = (R2 + R3)\,C1 \cdot \log \frac{\Delta U_0\,R2}{U_{ref}\,(R2 + R3)}$$

Der R 110 D gewährleistet eine sehr hohe Ansprechgenauigkeit des monostabilen Multivibrators (± 10 mV in einem Bereich von ± 5 V). Die Schaltung ist daher für monostabile Multivibratoren mit hohen Genauigkeitsforderungen universell anwendbar.

3.3. NF-Verstärker mit R 211 D mit »Tonblende«

Bei dieser typischen Anwendungsschaltung des R 211 D nach Bild 10 liegt der Lautsprecher an der Betriebsspannung. Die Brummspannungsunterdrückung ist gering, die Schaltung eignet sich daher besonders für Batteriegeräte. Bei Netzgeräten werden an die Siebung der Versorgungsspannung höhere Anforderungen gestellt. Die einstellbare Gegenkopplung gestattet es, auf Wunsch die Höhen abzusenken. Das ist vor allem bei AM-Empfängern wünschenswert (z. B. Störminderung bei Kurzwellenempfang).

3.4. NF-Verstärker mit R 205/R 210 D und eigener Klangbeeinflussung

Die Schaltung nach Bild 11 zeigt, auf welche Weise am R 205/R 210 D direkt eine Klangbeeinflussung möglich ist.

3.5. 5,5-MHz-Ton-ZF-Verstärker mit Demodulator mit R 220 D

Die Schaltung nach Bild 12 zeigt eine »Mindestbeschaltung« für den R 220 D und gibt gleichzeitig dem fortgeschrittenen Amateur Anregungen zum Umrüsten der Ton-ZF älterer Fernsehgeräte.

3.6. Mittelwellen-AM-Empfänger mit R 244 D und R 211 D

Der Mittelwellenempfänger nach Bild 13 wurde als Kleinempfänger mit den Schaltkreisen R 244 D und R 211 D konzipiert. Selektiert wird mit einem LC-Kreis und einem Piezofilter. Die Empfindlichkeit ist stark von der effektiven Antennenhöhe des Ferritstabs abhängig.

3.7. AM-FM-ZF mit R 281 D

Die auf den ersten Blick recht aufwendige Schaltung nach Bild 14 zeigt bei näherer Betrachtung, daß ein R 281 D mit konzentrierter Eingangsselektion praktisch den gesamten ZF-Teil eines kombinierten AM-FM-Rundfunkempfängers realisieren kann. Die Mischstufen wurden nicht mit dargestellt.

3.8. NF-Pegelmesser

Der R 281 D wird in der Schaltung nach Bild 15 als regelbarer NF-Verstärker eingesetzt. Da der Ausgang des Schaltkreises den für derartige Schaltungen erforderlichen Strom nicht aufbringen kann, ist dem Ausgang ein Emitterfolger zur niederohmigen Ansteuerung der Gleichrichterschaltung nachgeschaltet. Die gleichgerichtete NF-Schaltung wird über ein Siebglied dem Regelspannungseingang 5 des R 281 D zugeführt. Die Ausgangsgröße ist eine Gleichspannung, die dem Logarithmus des Eingangssignals folgt (Anzeigeumfang: etwa 55 dB). Mit der angegebenen Dimensionierung beträgt die Einschwingzeit für einen + 50-dB-Sprung etwa 0,4 s; die Abklingzeit für einen – 50-dB-Sprung liegt bei etwa 0,8 s.

3.9. Empfindliche Lichtschranke mit R 301 D

Die Schaltung nach Bild 16 nutzt die Verstärkung des Oszillatorteils im R 301 D aus. R 1 ist ein Schutzwiderstand zur Begrenzung des Eingangsstroms des Schaltkreises; mit R 2 lassen sich beliebige Empfindlichkeiten ab 5 µA Eingangsstrom einstellen.

Um eine hohe Stabilität der Schaltung zu erreichen, wurde R 1 an Anschluß 13 des R 301 D gelegt, da so die Temperaturabhängigkeit der Basis-Emitter-Spannung des Eingangstransistors durch die Temperaturdrift der internen stabilisierten Spannung teilweise kompensiert wird und nicht so stark in den Schwellwert eingeht. Die Schaltung hat eine geringfügige Hysterese. Durch Anschalten eines Kondensators C vom Anschluß 12 nach Masse lassen sich nahezu beliebige Einschaltverzögerungszeiten t_{on} = (20...30) · C [in µs, wenn C in nF] erreichen.

Diese Eigenschaft kann zur Störaustastung kurzzeitiger, unerwünschter Informationen herangezogen werden, d. h., nur Lichtimpulse einer bestimmten Länge führen am Ausgang zu einem Signal.

4. Einbau- und Löthinweise

Beim Einbau und bei Verwendung der Halbleiterbauelemente in der Schaltung ist darauf zu achten, daß keine äußeren unzulässigen Einflüsse (mechanisch, thermisch o. ä.) direkt oder indirekt auf die Bauelemente einwirken können. Äußere Überbeanspruchungen können dazu führen, daß außer direkten mechanischen Unterbrechungen der zum Kristall führenden Zuleitungen die hermetisch abgeschlossenen Halbleiterbauelemente undicht werden und somit äußere klimatische Einflüsse sofort oder in der Folgezeit auf die Oberfläche einwirken können. Dadurch sind die Bauelemente dann nicht mehr funktionstüchtig.

4.1. Einbauhinweise

Beim Einbau der Schaltkreise ist zu beachten, daß die zulässigen Kräfte nicht überschritten werden.

Für den Einbauvorgang der Schaltkreise sind zulässig:

- Zug- und Druckkräfte in Richtung der Anschlüsse bis 500 p für das gesamte Bauelement sowie bis 100 p für jeden einzelnen Anschluß. Die Kräfte müssen am Gehäuse großflächig angreifen.
- Torsionskräfte, die auf die Anschlüsse wirken, sind nicht zugelassen.
- Der Winkel der Anschlüsse darf für Schaltkreise im Plastgehäuse nur zum Zweck des Einbauens innerhalb des Bereiches von 90°...105° verändert werden.
- Die Anschlüsse dürfen maximal bis zu den Aufsetzkanten in die Bohrungen der Leiterplatte gesteckt werden.
- Die Schaltkreise sind nicht in der Nähe von wärmeerzeugenden Bauteilen anzuordnen, wenn dabei die zulässigen Grenzwerte der Umgebungstemperatur für den elektrischen Betrieb überschritten werden.

Zusätzliche Einbauhinweise für den Typ R 211 D
Die Kühlfahnen dürfen nur zum Zweck des Einbauens in die dafür vorgesehenen Lötschlitze innerhalb eines Winkels zwischen 90° und 105° gerichtet werden. Biegen der Kühlfahnen in die Horizontale ist nicht zulässig.

Zusätzliche Einbauhinweise für den Typ R 205/R 210 D
Die Kühlfahnen weder thermisch noch mechanisch belasten! Sie dürfen innerhalb eines Winkels von ± 8° gerichtet werden. Ein weiteres Verbiegen aus der Horizontalen ist unzulässig. Auf den Kühlfahnen darf man nicht löten.

Zusätzliche Einbauhinweise für den Typ R 205/R 210 K
Hinsichtlich der Einbaulage ist zu beachten, daß sich der Wärmewiderstand bei Montage auf einer senkrechten Leiterplatte mit waagerechter Lage der Kühlrippen des Schaltkreises und bei der Montage der Bauelemente auf der Unterseite der Leiterplatte um 20 % erhöht. Können diese Einbaulagen nicht vermieden werden, ist entweder die Verlustleistung entsprechend dem um 20 % höheren Wärmewiderstand zu verringern oder die Wärmeabführung zu verbessern.

4.2. Löthinweise

Leiterplatten werden auf der den Bauelementen abgewandten Seite gelötet. Der Lötkolben muß ordnungsgemäß geerdet sein. Die Lötparameter müssen innerhalb der schraffierten Fläche nach Bild 17 liegen. Dabei stellt die obere Grenzkurve ABC die Lötwärmebeständigkeit dar. Der Punkt D ergibt sich aus den Werten der Lötbarkeit. Daraus abgeleitet erhält man die Linien AD und DC.

Löttemperatur ist die Temperatur der Lötkolbenspitze. Die Lötdauer ist die Zeit, in der ein direkter thermischer Kontakt der Lötstelle mit der Wärmequelle (Lötkolben) besteht. Die Anschlüsse der Bauelemente dürfen vor und während des Einbauens nicht verunreinigt werden. Anschlüsse nicht mit bloßen Händen berühren!

Die verwendeten Flußmittel sollen nicht korrodierend wirken. Mehrfaches Ein- und Auslöten ist zu vermeiden. Zum Zwecke der Reparatur ist jedoch die einmalige Wiederverwendung gestattet. Sowohl beim Auslöten als auch bei erneutem Einlöten sind die in den Einbau- und Lötvorschriften angegebenen Werte unbedingt einzuhalten.

5. Schaltungspraxis mit Leiterplatten

Waren die bisherigen Abschnitte hauptsächlich der Information zu den z. Z. vorhandenen Amateurschaltkreisen gewidmet, so folgen nun einige auch für weniger Erfahrene „nachvollziehbare" Bauanregungen. Das beginnt mit einer Reihe von Anwendungen des R 281 D, für die Verdrahten auf einer Universalleiterplatte als ausreichend angesehen wird, geht über nähere Erläuterungen mit Baubeispielen für den R 109 D und schließt Leiterplatten für die NF-Verstärker-Schaltkreise ein.

Auch die Leiterplatte für einen einfachen Rundfunkempfänger für den Anfänger ist enthalten. Bei der Auswahl der Leiterplatten wurde deren sauberer Nachbau mit typofix-Folie berücksichtigt.

Daher enthält diese Sammlung auch 2 Leiterbilder aus früheren Bauplänen, für die damals diese Möglichkeit noch nicht gegeben war. Demgegenüber soll auch nochmals auf die R-211-Anwendung in Bauplan Nr. 39 hingewiesen werden, dessen Leiterplattenfolie bei entsprechender Nachfrage neu aufgelegt werden kann.

5.1. Experimente mit dem R 281 D

Der R 281 D ist mit nur 1,25 M EVP der billigste derzeit erhältliche Schaltkreis. Damit reizt er besonders zum Experimentieren. Dennoch sollte man aber seinen Randbedingungen Rechnung tragen und vorerst noch einmal die Daten nach Tabelle 8 einsehen und Bild 8 betrachten.

Die Eingänge 2 und 5 sind Basisanschlüsse von Transistoren. Anschluß 2 als Basis eines npn-Transistors mit Emitter an Masse verträgt also keinen hohen positiven Strom, daher nie direkt an die Betriebs-

spannung anschließen! 5 ist die Basis eines pnp-Transistors, dessen Kollektor an Masse und dessen Emitter an 4 liegt. Daher auch zwischen 4 und 5 keine Spannung ohne Vorwiderstand anlegen; an 5 darf darüber hinaus keine »harte« negative Spannung gegen Masse gelangen (z. B. von der Batterie), da dann die Basis-Kollektor-Strecke durchlässig wird. Auch 13 darf nicht direkt mit Plus verbunden werden.

So kann man seine Transistorkenntnisse verwerten und sich damit leichter mit dem Gedanken aussöhnen, daß die große Zeit des Einzeltransistors nun doch auch für den Amateur langsam zu Ende geht.

Der R 281 (als Markentyp A 281) wird hauptsächlich als Zwischenfrequenzverstärker in Rundfunkempfängern für AM (dann meist mit 455 kHz) und FM (10,7 MHz) eingesetzt. Wenige Mikrovolt am Eingang, als ZF in der Mischstufe aus Sender- und Empfängeroszillatorfrequenz gewonnen, genügen. Am Ausgang (Anschluß 8) erhält man einige hundert Millivolt von dieser Frequenz, aus der im Demodulator die Niederfrequenzspannung des Senders gewonnen wird. Gleichzeitig entsteht dort eine negativ gerichtete Regelspannung, die dem Schaltkreis über Anschluß 5 zugeführt wird. Je größer die Amplitude des empfangenen Signals, um so geringer wird durch diese Regelung die Verstärkung des Schaltkreises. Damit ist einwandfreier Empfang in einem großen Eingangsspannungsbereich (also auch weitab vom Sender) gesichert.

Über den Hauptzweck hinaus kann der R 281 u. a. für folgende, bereits in Abschnitt 3. gezeigte Aufgaben benutzt werden: als Feldstärkeanzeiger bei UKW-Empfang, als NF-Pegelmesser mit logarithmischer Anzeige (z.B. für die Diskothek!) oder auch als ZF-Verstärker in Einseitenbandempfängern zusammen mit einem R 220 (für Kurzwellenamateure von Interesse). In Heft 19/75 der Zeitschrift radio-fernsehen-elektronik findet man dazu noch einige Anregungen. Im folgenden sollen nun weitere Anwendungen vorgestellt werden.

NF-Verstärker für Mikrofon u. ä.

Dynamische nieder- und mittelohmige Mikrofone (z. B. $R_i = 200\ \Omega$), die an den Fonoeingang von Empfängern und Verstärkern angeschlossen werden sollen, brauchen einen Verstärker, da sie nur wenige Millivolt Ausgangsspannung liefern. Aus der Anwendung »NF-Pegelmesser« wurde eine etwas sparsamere Beschaltungsvariante entwickelt, die Bild 18 bereits in einer möglichen Aufbauanordnung zeigt. Der Schaltkreis wurde dazu gemäß Bild 19 mit (abweichend von den Vorschriften!) unkonventionell vorsichtig nach außen abgewinkelten Beinen leiterseitig auf ein Stück Streifenleiterplatte aufgelötet. (Schließlich lohnt sich bei 1,25 M keine Fassung mehr – sie ist teurer als die IS!) Die Leiterstreifen wurden vorher zwischen beiden Anschlußreihen mit einem Messer aufgetrennt. So ergibt sich genügend Platz für einen etwas vom Gewohnten abweichenden Aufbau, bei dem die Bauelemente sowohl leiter- als auch isolierstoffseitig montiert werden können. Unbenutzte Leiterstreifen und die Anschlüsse 3, 9, 10 und 14 sind dabei an die gemeinsame Masse (Minuspol der Batterie) zu legen.

Versuch Dynamikkompression

Die unterschiedliche Lautstärke, mit der ein Mikrofon beschallt werden kann, ist manchmal auf der Wiedergabeseite unerwünscht. Die Beschaltung nach Bild 20 ergibt den angestrebten Regeleffekt (höhere Lautstärke am Eingang bringt vom Ansprechwert der Regelung an nur noch wenig Lautstärkezuwachs am Ausgang). Sie ist jedoch nicht gerade ideal, denn der Schaltkreisausgang erweist sich für diese Regelschaltung als nicht »genügend ergiebig«. Dadurch werden die Spitzenwerte der Schwingungen abgeflacht, was zu Verzerrungen führt. Etwas günstiger wird diese Verformung mit einem kleinen Vorwiderstand von etwa 220 Ω vor dem Gleichrichter. Doch damit verschlechtert sich auch das Regelverhalten insgesamt. Der Hersteller hat für solche Zwecke (NF-Pegelmesser u. ä.) eine zusätzliche Transistorstufe als Emitterfolger nachgeschaltet. Darauf wurde hier jedoch verzichtet, da der Aufwand an zusätzlichen Einzelbauelementen den Wert des Schaltkreises in Frage stellen würde.

Impuls-Tongenerator mit extrem großem Frequenzbereich

Wer möchte nicht mit möglichst wenig Aufwand das Verhalten eines Verstärkers durch eine kleine »Tonmühle« testen können? Dafür erwies sich der R 281 als nahezu ideal geeignet. Mit der Schaltung in Bild 21 erreicht man einen Frequenzbereich von weniger als 10 Hz bis mehr als 14 kHz mit einem einzigen Potentiometer und ohne Umschalten! Die Pulsamplitude ist etwa 3 V mit einem Gleichspannungsanteil von ebenfalls 3 V, wenn gegen Masse ausgekoppelt wird. Das muß aber nicht sein, wenn der Generator eine eigene Batterie erhält (z. B. 3 × RZP 2). Der niedrige Strombedarf von nur etwa 5 mA erlaubt das. Für das Prüfobjekt ist in diesem Falle Plus die Masse. Die Impulse sind dann negativ gerichtet. Sie

haben im oberen Frequenzbereich etwa ein Tastverhältnis von 1 : 1, bei tiefen Frequenzen ist die »positive« Seite breiter. Am unteren Ende verschleift sich die untere Kante der Rechteckimpulse, die bei 14 kHz ebenfalls schon etwas verrundet werden. All das beeinflußt natürlich den Höreindruck. Werden Plus des Generators als Ausgang und der Ausgang des Schaltkreises als 0 benutzt, so sind mit diesem Impulsgenerator sogar TTL-Schaltungen anzusteuern. Wünscht man eine bessere »Treffsicherheit« der Frequenzeinstellung, so schaltet man einem Potentiometer von z. B. nur 50 kΩ entsprechende Festwiderstände bis zu 1 MΩ vor.

Einfacher Geradeausempfänger für Mittelwelle

Die guten HF-Eigenschaften des R 281 – schließlich wurde er ja dafür entwickelt! – legten den Versuch nahe, einen im Aufwand sparsamen und in der Bedienung einfachen Empfänger aufzubauen. Bild 22 zeigt die Schaltung in Verbindung mit einem R 211 in der Endstufe. Für Kopfhörerbetrieb kann er, besonders in der Nähe stärkerer Sender, auch weggelassen werden. Der Kopfhörer ist dann an das Lautstärkepotentiometer anzuschließen. Ohne Endstufe erforderte das Mustergerät bei 6 V weniger als 5 mA und war noch bis 4 V betriebsfähig. Auf Grund des relativ kleinen Eingangswiderstands mußte der Schwingkreis sehr lose (im Muster mit nur einer einzigen Windung!) angekoppelt werden. Das bedeutet dann aber eine so niedrige Kreisbedämpfung, daß die Trennschärfe praktisch nur noch vom Schwingkreis allein und von seiner Anordnung (möglichst weit von dämpfenden Metallteilen!) abhängt. Darum lohnen sich HF-Litze (wenn man sie richtig verarbeiten kann) und ein verlustarmer Luftdrehkondensator bzw. – wie im Beispiel bei Abstimmen durch Verschieben des Maniferstabes in der Wicklung – ein Kunstfolie- oder Keramikkondensator. Ausgangsseitig kann eventuell statt der HF-Drossel ein Widerstand bis etwa 470 Ω benutzt werden. Dann verringert sich jedoch die Empfindlichkeit des Empfängers. Die Drossel wurde wegen der erforderlichen magnetischen Schirmung gegenüber dem Antennenstab in einem Schalenkern untergebracht. Beispiel dafür: Typ 14 × 8, A_L 160, 200 Wdg. 0,3 CuL. Es kommt weniger auf die Kerngröße und den Drahtdurchmesser an als auf das so erreichte L von etwa 6 mH! Das Potentiometer ist notwendig, da der stärkste Ortssender in günstigen Lagen bereits mit beträchtlicher Lautstärke auftritt. Weitab von stärkeren Mittelwellenstationen empfiehlt sich eine z. B. über 22 pF lose an den gesamten Kreis angekoppelte Hilfsantenne. Bei L-Abstimmung durch Stabverschieben empfängt man in günstigen Lagen mit einem Kreis-C von zusätzlich 3300 pF noch auf Langwelle »Stimme der DDR«.

Der als NF-Verstärker nachgeschaltete R 211 ergibt Lautsprecherempfang mit einer erheblichen Verstärkungsreserve. Schon wegen der höheren möglichen Leistung ist ein größerer Lautsprecher zu empfehlen. Mit einem Klingeltransformator-Netzteil zusammen erhält man so z. B. einen billigen »Nachttisch«-Empfänger.

Auf eine Leiterplatte wurde verzichtet, da sich ihre Maße nach der Größe des Gesamtgeräts richten. Arbeitet man im Sinne der eingangs gegebenen Bauhinweise, so ist eine Streifenleiterplatte gut geeignet. Sie braucht man nur noch mit dem Messer zu bearbeiten. Leiterplatte vor dem Zusammenbau besonders gründlich überprüfen, möglichst jeden Fehler von vornherein ausschließen, bevor man den Schaltkreis einlötet; beim Löten mit sauberem Kolben schnell und sicher einzeln jeden Kontakt anlöten (nichtkorrodierendes Lötmittel verwenden!), keine Zinnbrücke erzeugen, was durch die enge Lage der Anschlußpunkte (2,5-mm-Raster) nicht leicht ist. Sollte wieder Auslöten erforderlich sein, dann hilft in Flußmittel getauchtes Abschirmgeflecht von einem Stück Schirmkabel, das das Zinn von den Anschlüssen wegsaugt, wenn man den Lötkolben daraufhält.

5.2. Experimente mit dem R 109 D

Da besonders dem Anfänger der Umgang mit Operationsverstärkern noch relativ neu sein dürfte, zunächst einige Erläuterungen.

In der Analog-Rechentechnik waren früher aus vielen Transistoren zusammengesetzte Spezialverstärker wichtige Bausteine zum Addieren, Subtrahieren, Differenzieren, Integrieren usw. Ähnlich wie in der Digitaltechnik brauchte man von ihnen viele gleichartige, möglichst kleine und bezüglich Energiebedarf »sparsame« Einheiten. Nachdem die Mikroelektronik diesen Wunsch erfüllt hatte, interessierten sich auch Elektroniker anderer Fachrichtungen für diese kleinen »Käfer«. Denn: Operationsverstärker sind praktisch Schaltungen mit einer recht hohen Verstärkung, die man aber durch geeignete äußere Be-

schaltung nicht nur »bändigen« kann, damit sie ordentlich arbeiten, sondern deren Größe sich vom Höchstwert an praktisch ganz beliebig und noch dazu höchst einfach von außen durch eine Gegenkopplung über Widerstand einstellen läßt. Einziger Nachteil: Sie sind nicht besonders »schnell«. Von einer sehr hohen Verstärkung bei tiefen Frequenzen geht es rasch »bergab«, wenn man ihnen Signale mit mehr Schwingungen je Sekunde anbietet. Dieser Abfall hängt von den Werten der zur Frequenzkompensation benutzten Bauelemente ab, und diese Kompensation wiederum verhindert Schwingneigung besonders bei höheren Frequenzen. Bild 23 zeigt als Beispiel den Vergleich der Kurven für die Verstärkung in Abhängigkeit von der Frequenz bei einer vorgegebenen, für die gewählte Gegenkopplung günstigen Frequenzkompensation (R_K, C_{K1}, C_{K2}) ohne und mit Verstärkungseinstellung (über die Widerstände R 1 und R 2 zur Gegenkopplung, im Beispiel 1000fache Verstärkung oder 60 dB, d. h. Dezibel, ein logarithmisches Maß für die Verstärkung).

Der Hersteller gibt in Abhängigkeit von der gewünschten Spannungsverstärkung unterschiedliche Werte für die Kompensationsbauelemente an (siehe Tabelle 11).

Die beiden Schaltungsarten »invertierender« (also umdrehender bezüglich Polarität von Eingangs- zu Ausgangssignal) und »nichtinvertierender« (also nicht umdrehender) Verstärker mit der jeweiligen Anordnung der verstärkungsbestimmenden Gegenkopplungswiderstände (Werte sind Beispiel!) gehen aus Bild 24 und Bild 25 hervor. Die eingetragenen Angaben sagen u. a. aus, daß der invertierende Verstärker einen relativ kleinen, der nichtinvertierende aber einen sehr großen Eingangswiderstand hat. Die Betriebsspannung des Operationsverstärkers wird (im allgemeinen) symmetrisch zugeführt, besteht also aus einer gleichgroßen positiven und negativen Spannung. Das Massezeichen kennzeichnet dabei die Mitte dieser Doppelspannungsquelle.

Der Eingang des »OP« besteht aus den Basis-Emitter-Strecken von 2 zu einer Differenzstufe zusammengefaßten Transistoren, die emitterseitig von einer Konstantstromquelle gespeist werden.

Das »Differenzverhalten« bedingt, daß schon sehr kleine Spannungsunterschiede zwischen beiden Eingängen verarbeitet werden und am Ausgang – verstärkt – als von Null verschiedene Spannung abgenommen werden können. Spannungen gleicher Polarität gegen Null (Masse) dagegen haben (nahezu) keine Wirkung, da sie von der Differenzstufe »subtrahiert« werden. Die hohe Empfindlichkeit und gewisse unvermeidbare Unsymmetrien bedingen aber trotz der günstigen Technologie (alles auf einem Kristallscheibchen, daher weitgehend gleiches Verhalten, auch bezüglich Temperatur) für den industriellen Einsatz einige Probleme, die aber bei Bedarf durch zusätzliche Bauelemente gelöst werden. Dazu muß die besonders bei hoher Verstärkung schon ohne Eingangssignal auftretende Ausgangsspannung wieder zu Null gegen Masse gemacht werden (vergleiche Bild 32). So verhält sich nämlich der ideale »OP«: Kein Eingangssignal zwischen den beiden Eingängen bedeutet keine Ausgangsspannung. Und noch etwas sehr Wichtiges: Betrachtet man z. B. den invertierenden Verstärker mit Gegenkopplung, so ist der invertierende Eingang (weil in ihm nahezu kein Strom fließt) praktisch eine Art Massepunkt (Spannung Null!) für Eingang und Ausgang. Die über R 1 anliegende Eingangsspannung von z. B. 10 mV bedeutet damit eine über R 2 liegende Ausgangsspannung von z. B. 1000 mV, wenn R 2 = 100 · R 1 ist.

Bei Betrieb ohne Gegenkopplung genügt schon wenig mehr als 1 mV Differenzspannung zwischen den Eingängen, daß der Ausgang bis nahezu zur positiven oder zur negativen Betriebsspannung »fährt« – je nach Polarität der Eingangsspannung. Plus am nichtinvertierenden Eingang heißt auch Plus am Ausgang, ebenso Minus am invertierenden. Minus am nichtinvertierenden bzw. Plus am invertierenden Eingang gibt Minus am Ausgang.

Der »OP« A 109 darf am Ausgang nicht kurzgeschlossen werden. Dagegen hilft auch der Vorwiderstand am Ausgang nicht – er soll nur Schwingneigung unterdrücken. Lastwiderstände zwischen 2 und 10 kΩ dagegen empfindet der OP als normal. Er vermag bei entsprechender Betriebsspannung (man bleibe aber möglichst unter +15 und −15 V) also durchaus eine Leuchtdiode oder den Eingang eines Leistungstransistors zu steuern. Daraus ergeben sich viele Anwendungsmöglichkeiten in allen Bereichen der Elektronik. Eine davon wird hier beschrieben.

Vielseitiger Wächter

Ein »Wächter« nach Bild 26 mit einer einfachen Spannungsversorgung, wie sie im Bild bereits enthalten ist, läßt sich vielseitig einsetzen, als Dämmerungsschalter, als Warnschaltung bei Über- oder Unterschreiten einer Temperatur (je nach Lage des Fühlers im Eingangsteiler) oder auch als Lichtschrankenempfänger. Er wurde in Bild 26 als Dämmerungsschalter ausgelegt, wahlweise mit Selen-Fotoelement

oder mit Fotowiderstand als Lichtempfänger. Wenn die Spannung am Vorwiderstand des invertierenden Eingangs (durch »–« gekennzeichnet, nicht mit Betriebsspannung verwechseln!) über die am nichtinvertierenden (»+«) steigt, bedeutet das, daß es hell genug ist. Die vorher auf Plus liegende Ausgangsspannung (dadurch leuchtete die Lampe) kippt nun nach Minus und sperrt den Transistor. Das Kippen wird durch die Rückführung auf den nichtinvertierenden Ausgang unterstützt. Die weitere Widerstandsbeschaltung berücksichtigt, daß beide Eingänge gegen die übrige Schaltung etwa gleiche Widerstände »sehen«, dann bleibt der Einfluß der Temperatur auf das Verhalten des OP klein.

Da diese Schaltung sicherlich das Interesse vieler Leser finden wird, wurde für sie ein Leiterbild entworfen mit Bestückungsplan nach Bild 27. Es ist auf Blatt 1 der beiden zum Bauplan erhältlichen typofix-electronic-special-Folien enthalten.

Thermometerbaustein

Eine weitere Anwendung des R 109 D als Verstärker von Gleichgrößen wurde bereits im Bauplan Nr. 34 (»Elektronische Thermometer«) beschrieben. Damals war jedoch noch nicht die Möglichkeit der rationellen Umsetzung über »typofix«-Folie gegeben. Da diese Leiterplatte über den unmittelbaren, in Bauplan Nr. 34 beschriebenen Einsatzfall hinaus eine günstige Experimentierbasis auch bezüglich Offsetkompensation u. ä. bietet, wurde sie mit in die beiden »typofix«-Blätter des vorliegenden Bauplans aufgenommen (Bild 28, weitere Informationen gegebenenfalls Bauplan Nr. 34 entnehmen).

Vielseitig einsetzbarer NF-Verstärker

Durch die Möglichkeit, in weiten Grenzen beliebig wählbare Verstärkungswerte einzustellen, kann der R 109 D als NF-Verstärker vielen Aufgaben angepaßt werden. Eine praktische Schaltung dazu enthält Bild 29. Auch für sie entstand darum eine Leiterplatte (Bild 30), die auf »typofix«-Folie übernommen wurde.

5.3. R 211 D als Klein-Stereoverstärker

Mindestens für den Betrieb von dynamischen Kopfhörern (auch für Eigenbauten aus 2 Kleinlautsprechern!), aber auch für kleine »Anfänger-Stereoanlagen« eignet sich, zweimal aufgebaut, die einfache Schaltung nach Bild 31, deren Koppelkondensatoren gemäß dem relativ hochohmigen Kopfhörer (200 bis 400 Ω) recht klein gehalten werden konnten. Für Lautsprecherbetrieb muß man wenigstens den zwischen 2 und 6 liegenden Kondensator auf 100 bis 470 μF erhöhen, je nach gewünschter Tiefenwiedergabe. Wie klein ein solcher Doppelverstärker werden kann (beim Zersägen der Platte erhält man 2 winzige Mono-Verstärker hoher Verstärkung und verhältnismäßig großer möglicher Ausgangsleistung!), zeigt Bild 32. Der Siebkondensator von 100 μF wurde für den Stereofall nur einmal eingezeichnet. Die Eingangsspannung soll 250 mV nicht überschreiten. Je nach den Daten der Quelle (Plattenspieler, Tuner, Bandgerät) muß daher das außerhalb der Platte montierte Lautstärke-Stereo-Potentiometer (R_p) mit einem Vorwiderstand (R_v) je Kanal versehen werden. Richtwerte: 1,5 R_p für 0,5 V, 4 R_p für 1V maximal möglicher Quellenspannung; R_v entfällt für weniger als 0,25 V maximaler Quellenspannung. Für R_p können auch 2 gleiche Einzelpotentiometer benutzt werden (etwa 100 kΩ). Dadurch läßt sich mit ihnen auch die Balance einstellen, die sonst für höhere Ansprüche ein weiteres Potentiometer zwischen den Eingängen erfordern würde. Sein Schleifer liegt an Masse. Die Verstärkereingänge sind hochohmig und darum brummempfindlich. Man baut das Gerät daher in ein kleines Gehäuse aus kupferkaschiertem Hartpapier ein. Die Kupferfolie ist an Masse zu legen. Im Gehäuse werden Potentiometer und Buchsen für Ein- und Ausgang montiert. Die geringe Stromaufnahme (Muster: 2,5 mA bei 4,5 V) und die niedrige Betriebsspannung (Datenblatt: 4,2 V, Muster sogar nur 2,9 V) gestatten Batteriebetrieb z. B. aus 3 RZP2-Akkumulatoren oder aus 2 Batterien 2 R 10. Ebenso ist Speisung aus Klingeltransformator KT 07 mit 1-Weg-Gleichrichtung, 1000 μF/16 V und 100 Ω Vorlastwiderstand (wegen der 10-V-Kondensatoren) möglich.

5.4. R 211 mit Vorverstärker

Für Bauplan Nr. 39 wurde die Hauptstelle einer Wechselsprechanlage auf einer 35 mm × 80 mm großen Leiterplatte mit einem R 211 und einer NF-Vorstufe entwickelt. Diese Folie ist bei Bedarf noch lieferbar, und auch der Bauplan dürfte für Interessenten noch zugänglich sein. Da sich dieser Verstärker infolge des größeren Platzangebots mit entsprechend großen Kondensatoren bestücken läßt, kommt er auch als recht empfindlicher NF-Teil selbstgebauter Rundfunkempfänger aller Schwierigkeitsgrade in Betracht. Bild 33 gibt nochmals den Bestückungsplan wieder. Der Transistor (ebc) ist ein SC 206 C o. ä., zwischen »MSC« ist ein Potentiometer von 100 kΩ außen anzuschließen: C oberes Ende, S Schleifer, M unteres Ende, gegebenenfalls mit 10 kΩ in Serie (für Sprechanlagen).

Im Bauplan Nr. 39 besteht zwischen Bild 3 a und 3 c eine Abweichung: Der Auskoppelkondensator (im Bestückungsplan ganz unten) liegt an 2 statt an 6. Das ist für die Sprechanlage ohne Bedeutung. Für NF-Verstärker mit gewünscht besserer Tiefenwiedergabe und vollem Ausnutzen der Batteriespannung bezüglich Sprechleistung gibt der Bestückungsplan nach Bild 33 nun die geänderte (im Bild spiegelbildlich sichtbare) Leiterbildgestaltung wieder: Kondensator-Lötfläche von 2 trennen und über zusätzlichen Lötpunkt nach ebenfalls neuem Lötpunkt an 6 legen. Zwischen die neuen Lötpunkte Drahtbrücke einfügen. Blatt 2 der typofix-Folie zum vorliegenden Bauplan enthält ein Korrekturstück zur Folie in Blatt Nr. 2558 zu Bauplan Nr. 39. Dort wird einfach die überflüssige Folie herausgeschnitten oder nach dem Abreiben wieder abgeschabt; dann wird das Korrekturstück auf die Leiterplatte aufgerieben. Nach dieser Maßnahme kann der Verstärker (außer weiterhin in Sprechanlagen) für die genannten weiteren Zwecke optimal genutzt werden.

Bei den heutigen Preisen von Schaltkreisen bleibt zu Bauplan Nr. 39 nachzutragen, daß (außer für die Besonderheiten beim Lauschen) jetzt Sprechanlagen durchaus als gleichberechtigte Hauptstellen mit jeweils eigenem Verstärker ausgeführt werden können. Das heißt: Im Ruhezustand liegen die Lautsprecher an der Leitung, beim Sprechen ist der Eigenlautsprecher Mikrofon, und der Wechselsprechbetrieb wird nun durch beide Teilnehmer gesteuert. Das verlangt wieder genügend Sprechdisziplin. Der Weg zur Gegensprechanlage mit Lautsprecher und Mikrofon in jeder Sprechstelle ist nun leicht, erfordert allerdings mehr Leitungsaufwand.

5.5. NF-Verstärker mit R 205/R 210 D

Bild 34a zeigt eine Standardbeschaltung dieses Schaltkreises, der ja gegenüber dem R 211 eine andere Anschlußlage hat und außerdem über 2 Anschlüsse mehr verfügt. Die thermische Schutzschaltung des R 210 D macht ihn zu einem recht sicheren Bauelement, wenn nicht gerade ein Kurzschluß am Ausgang erzeugt wird. Die Schaltung nach Bild 34 verzichtet auf Klangeinstellglieder am Schaltkreis selbst. Wie die dennoch relativ große Leiterplatte nach Bild 34b zeigt, braucht man im Interesse guter Tiefenwiedergabe relativ viel Platz. Die Platte wurde so gestaltet, daß sowohl der R 205/R 210 D als auch der R 205/R 210 K (also mit Kühlkörper, bis 5 W belastbar) untergebracht werden kann. Diese Platte dürfte daher eine große Einsatzbreite erlangen, auch z. B. für Stereoanlagen bis 5 W.

5.6. Induktiver NF-Sende-Empfänger für »Junge Funker«

In Bauplan Nr. 35 wurde dieses bereits in Bauplan Nr. 14 benutzte Prinzip mit einem A 211 D erneuert. Baut man die in Bauplan Nr. 35 wiedergegebene Schaltung 2mal auf je einer Leiterplatte auf (Bild 35), so ergibt sich ein über einige Meter Entfernung wirksames Morse-Sende- und Empfangsgerät, vor dessen Bau aber noch das Einholen einer Genehmigung bei der Bezirksdirektion der Deutschen Post steht. Die aktuelle Lage bezüglich der Notwendigkeit einer solchen Genehmigung während der Laufzeit dieses Bauplans sollten GST- und Pionier-AGs (für sie vor allem ist dieses Objekt ja interessant) bei ihrem Bezirksvorstand erfragen. Es ist durchaus möglich, daß die Verfahrensweise bei diesem oberwellenarmen 1-kHz-Betrieb kleiner Leistung inzwischen vereinfacht wurde. Es erschien daher angemessen, das Gerät mit »auf Folie« zu nehmen, zumal es sich mindestens passiv, in Stellung »Empfang« auch als Leitungssucher einsetzen läßt.

5.7. Taschenempfänger mit R 211 D

Im »FUNKAMATEUR« H. 4/79 veröffentlichte einer der Autoren dieses Bauplans den modernen Nachfolger des 1964 in Bauplan Nr. 1 vorgestellten Taschenempfängers »START 1«. Aus Platzgründen kann im vorliegenden Bauplan nicht weiter auf Einzelheiten eingegangen werden; Bild 36 bis Bild 38 geben alle nötigen Bauinformationen. Im übrigen muß auf die genannte Zeitschrift verwiesen werden.

5.8. Festspannungsregler mit R 205/210 D/K

Eine interessante, wenn auch unkonventionelle Anwendung dieses Schaltkreises ist sein Einsatz zu Regelzwecken. Weitergehende Untersuchungen führten auf die in Bild 39 wiedergegebene Variante für TTL-Versorgungen mit 5 V/0,5 A, wenn die zulässige maximale Eingangsspannung auf die von der Schaltkreiskühlung (D oder K!) bedingte zulässige Verlustleistung bezogen wird. In Grenzfällen empfiehlt sich »Abfangen« eines Teils der Leistung mit einer bzw. mit zwei 1-A-Dioden (SY 320 oder SY 200). Dabei läßt sich gleichzeitig der positive Effekt einer besseren Durchsteuerung des Endstufentransistors (es wird nur der »obere« des Schaltkreises benutzt) erreichen. Dazu liegt der Bootstrap-Anschluß an der gesamten Eingangsspannung, während der Leistungstransistor im Schaltkreis mit etwa 1,5 V weniger belastet wird. Die Eingangsspannung muß noch ausreichend über der Z-Spannung der Referenzdiode bleiben, anderenfalls ergibt sich bei plötzlichem Leerlauf eine Art »Latch up«, wobei die Ausgangsspannung unter den Wert der Spannung bei Last sinkt. Neue Belastung hebt den Effekt aber wieder auf.

Mit Bild 39 und nur 1 × SY 200 ergaben sich folgende typische Daten: Eingangsspannungsbereich 6,7 V bis 8,5 V, dabei Ausgangsspannung zwischen 4,8 V und 5 V bei 0,5 A Last, 5,07 V bis 5,11 V bei Leerlauf; Schaltkreisspannungsabfall über Leistungstransistor 1,14 bis 2,6 V, d. h. maximal 1,3 W. Verringern des Ausgangsstroms oder Einsatz eines Kühlkörpertyps (R 205 K oder R 210 K) erhöht die zulässige maximale Eingangsspannung beträchtlich. Bei diesen Bedingungen läßt sich die Schaltung bis zu 1 A belasten. Die Ausgangsspannung kann am Potentiometer nur zwischen etwa 4 und 10 kΩ Widerstandswert vernünftig eingestellt werden. Mit dem äußeren Gegenkopplungswiderstand (eingetragener Wert zwischen 16 und 8: 10 kΩ) kann durch Variieren bis auf etwa 20 kΩ ebenfalls die Ausgangsspannung noch etwas korrigiert werden. Der »Latch up«-Effekt bei Lastabschalten verringert sich bezüglich des kritischen Spannungsbereichs, wenn zwischen 16 und 8 mit Plus nach 16 ein Elektrolytkondensator 1 µF/40 V eingefügt wird. Bild 40 zeigt zu dieser besonders für Digitaltechniker interessanten Schaltung eine Leiterplatte. Bei Einsatz eines »D«-Typs kann die zulässige Verlustleistung über 1,3 W auf folgende Weise erhöht werden: 2seitig kupferkaschiertes Hartpapier benutzen, auf der Bauelementeseite alle Anschlüsse freisenken, auf die Fläche unter den Kühlflügeln vor Einsetzen des Schaltkreises 2 Messing- oder Kupferplättchen, etwa 2 mm dick, löten, etwas Silikonfett aufbringen und Schaltkreisflügel formschlüssig unter leichtem Druck aufsetzen; in dieser Lage Schaltkreis leiterseitig einlöten. Diese Maßnahme könnte auch beim NF-Verstärker nach Abschnitt 5.5. die zulässige Verlustleistung erhöhen; besser ist jedoch das Anschrauben von gewinkelten Aluminium-, Kupfer- oder Messingblechen (1 mm dick) an die mit 2,2-mm-Löchern zu versehenden Kühlflügel (Vorsicht, Schaltkreis dabei mechanisch nicht belasten!).

5.9. Drehzahlmesser für Benzinmotoren mit R 301 D

Diese für »verbrauchsbewußte« Pkw-Fahrer interessante Schaltung nach Herstellerangaben (Bild 41) mit einer Korrektur gegenüber den Applikationsschriften (dort fehlt bei 13 eine Verbindung!) wurde mit einer relativ frei wählbaren Bestückung ebenfalls als Leiterplatte gestaltet (Bild 42). Der Anschluß an ein Instrument mit höchstens 500 µA Vollausschlag und der interessierende Drehzahlbereich erfordern die Berücksichtigung folgender Dimensionierungshinweise:

$C1 \approx \frac{18 \ldots 20}{f_{max}}$ (C 1 in µF, f_{max} in Hz), $R2 \approx \frac{0{,}5 \cdot 2{,}9}{I_{Instr.}}$ (R 2 in kΩ, $I_{Instr.}$ in mA);

$R1 = 100 \ldots 200\ k\Omega$ $R2 > 3{,}3\ k\Omega$.

(C1 zwischen 12 und 6, R1 zwischen 12 und 13, R2 zwischen 6 und Instrument)

Tabelle 1 Daten des Operationsverstärkers R 109 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich)		min	max	
Betriebsspannung	U_{S+}		15	V
	U_{S-}	−15		V
Gleichtakteingangsspannung	U_I	−10	+10	V
Differenzeingangsspannung	U_{ID}	− 5	+5	V
Gesamtverlustleistung bei ϑ_a = 25 °C	P_{tot}		300	mW
Dauer des Kurzschlußausgangsstroms bei ϑ_a = 25 °C	t_K		5	s
Umgebungstemperaturbereich	ϑ_a	0	+70	°C
Kennwerte: ($U_{S+} = -U_{S-}$ = 15 V, ϑ_a = 25 °C − 5 K)		typ	max	
Eingangsoffsetspannung	U_{IO}	5	20	mV
Betriebsspannungsunterdrückung R_S = 100 Ω, ΔU_S = 1 V	SVR	100	500	µV/V
Gleichtaktunterdrückung R_S = 100 Ω	CMR	80		dB
Großsignalverstärkung $U_0 = \pm$ 10 V, R_L = 2 kΩ	V_u	$30 \cdot 10^3$		
Ausgangsspannungshub R_L = 2 kΩ	$\pm U_0$	13		V
Eingangswiderstand	R_E	100		kΩ

Tabelle 2 Daten des Komparators R 110 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich)		min	typ	max	
Betriebsspannung	U_{S+}			+14	V
	U_{S-}	−7			V
Gleichtakteingangsspannung	U_I	−7		+7	V
Differenzeingangsspannung	U_{ID}	−5		+5	V
Ausgangsstrom	I_0			10	mA
Umgebungstemperaturbereich	ϑ_a	0		70	°C
Kennwerte: (U_{S+} = 12 V, U_{S-} = −6 V; ϑ_a = 25 °C − 5 K)		min	typ	max	
Eingangsoffsetspannung R_S = 100 Ω, U_0 = 1,4 V	U_{I0}			15	mV
Eingangsbasisstrom	I_I			200	µA
Ausgangswiderstand U_0 = 1,4 V	R_0		150		Ω
High-Ausgangsspannung U_{ID} = 10 mV; I_{OH} = 5 mA	U_{OH}	2,4			V
Low-Ausgangsspannung U_{ID} = 10 mV; I_{OL} = 1,6 mA	U_{OL}			0	V
Spannungsverstärkung ΔU_0 = 2 V	V_u		1000		
Stromaufnahme	I_{S+}		6		mA
	I_{S-}		4,5		mA
Verzögerungszeit ΔU_{ID} = 100 mV, ü = 5 mV, R_L = 2 kΩ	t_{DLH}		100		ns

Tabelle 3 Daten des 1-W-NF-Verstärkers R 211 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich)		min	max	
Betriebsspannung	U_S	5	12	V
Eingangsspannung	U_I	−0,5	+1,5	V
Ausgangsspitzenstrom	I_{0M}		1	A
Gesamtverlustleistung bei ϑ_a = 45 °C, A_K = 0	P_{tot}		1	W
A_K = 8 cm² [1)]	P_{tot}		1,35	W
Umgebungstemperatur	ϑ_a	−10	+70	°C

Elektrische Kennwerte: (ϑ_a = 25 °C − 5 K, U_S = 9 V, R_L = 8 Ω, f = 1 kHz, gemessen in der Standardmeßschaltung nach TGL 29107)

Tabelle 5 Daten des FM-ZF-Verstärkers und Demodulators R 220 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich)		min	typ	max	
Betriebsspannung	U_S	8		12	V
Widerstand zwischen Anschluß 13 und 14	$R_{13/14}$			1	kΩ
Umgebungstemperaturbereich	ϑ_a	−10		+70	°C
Kennwerte: (ϑ_a = 25 °C − 5 K, U_S = 12 V, $\Delta f = \pm$ 50 kHz, f_m = 1 kHz, f = 5,5 MHz, Q_0 = 45, gemessen in der Standardmeßschaltung nach TGL 31 453)		min	typ	max	
Gesamtstromaufnahme	I_{S0}		18	25	mA
Gleichspannung am NF-Ausgang U_I = 0	U_8		7,5		V
Ausgangswiderstand	R_8		2,9		kΩ
NF-Ausgangsspannung	U_{NF}	400	700		mV
Eingangsspannung für Begrenzungseinsatz	U_{IT}		120	500	µV
Spannungsverstärkung ohne Phasenschieberkreis (U_I = 10 µV)	V_{UZF}		65		dB
AM-Unterdrückung (U_I = 1 mV)	a_{AM}		46		dB

Tabelle 6 Daten des AM-Empfängerschaltkreises R 244 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich) R 244 D		min	typ	max	
Betriebsspannung	U_S	5		12	V
Umgebungstemperatur	ϑ_a	−10		+70	°C
Kennwerte: (U_S = 9 V, f_e = 1 MHz, f_{ZF} = 455 kHz, fm = 1 kHz, m = 0,8, ϑ_a = 25 °C − 5 K, gemessen in der Standardmeßschaltung nach TGL 32650)		min	typ	max	
Gesamtstromaufnahme (U_{GOHF} = 0 V)	I_S		14	20	mA
NF-Ausgangsspannung bei U_{GOHF} = 20 µV	U_{NF}	40	90		mV
U_{GOHF} = 30 mV	U_{NF}		195	560	mV
Klirrfaktor U_{GOHF} = 30 mV	K		4,5	12	%
Regeleinsatzpunkt	U_{iReHF}		10		µV
Regelumfang ΔU_{NF} = 10 dB	ΔV_u		76		dB

Tabelle 7 Daten des Markentyps A 244 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich) A 244 D		min	typ	max	
Betriebsspannung	U_S	4,5		15	V
Eingangsspannung	$U_{13/19}$			2	V
Umgebungstemperaturbereich	ϑ_a	−10		+70	°C
Kennwerte: (U_S = 9 V, f_e = 1 MHz, f_{ZF} = 455 kHz, f_m = 1 kHz, m = 0,8, ϑ_a = 25 °C − 5 K, gemessen in der Standardmeßschaltung nach TGL 32650)		min	typ	max	
Gesamtstromaufnahme U_{GOHF} = 0 V	I_s			16	mA
NF-Ausgangsspannung U_{GOHF} = 20 µV	U_{NF}	60			mV
U_{GOHF} = 500 mV	U_{NF}			560	mV
Klirrfaktor U_{GOHF} = 500 mV	K			10	%
U_{GOHF} = 30 mV	K			8	%
Regeleinsatzpunkt U_i: $\frac{\Delta U_I}{\Delta U_{NF}} = \frac{10\,dB}{3\,dB}$	U_{iReHF}		8		µV
Regelumfang ΔU_{NF} = 10 dB	V_u		90		dB
Signal-Rausch-Abstand U_{GOHF} = 20 µV	$\frac{S+N}{N}$	24			dB

6. »typofix-electronic-special«-Blätter zum Bauplan

Mit der Bezeichnung »Analoge Bastelschaltkreise« werden »Blatt 1« und »Blatt 2« einer ätzfesten typofix-Folie im Format A 5 mit folgender Belegung geliefert:

Blatt 1: Kopfhörer-Stereoverstärker mit 2 × R 211 D, Format 40 × 50; Schwellwertschalter mit R 109 D, Format 40 × 50; Drehzahlmesser für Benzinmotoren mit R 301 D, Format 40 × 50; 2 × induktiver NF-Sende-Empfänger nach Bauplan Nr. 35 mit R 211 D, Format 55 × 110. Das Blatt trägt außerdem universell für IS verwendbare Lötaugengruppen.

Blatt 2: NF-Verstärker (V = 100) mit R 109 D und eigener Stromversorgung aus KT 07, Format 40 × 50; Regelteil mit R 205/210 D(K), Format 40 × 50; 1,3- bzw. 5-W-Leistungsverstärker mit R 205/210 D(K), Format 50 × 80; Thermometerbaustein nach Bauplan Nr. 34 mit R 109 D, Format 55 × 60; Empfänger »START 79« mit R 211 D, Format 60 × 62,5. Außerdem trägt das Blatt noch universell verwendbare DIL-IS-Lötaugengruppen sowie die veränderte Einzelheit »Signalauskopplung« für Blatt 2558 nach Bauplan Nr. 39.

7. Bezugsquellen

»typofix«-Folie zu den Bauplänen kann man mit Postanweisung über die erforderliche Summe plus 0,40 M Porto (Spezialverpackung!) und Eintragen der bestellten Blätter auf der Rückseite des schmalen Anweisungsabschnitts beim Konsum-Elektronik-Versand 7264 Wermsdorf, Postfach, bestellen. Direktbezug: RFT-Filialen »Amateur« in Berlin, Erfurt, Leipzig, Schwerin (Stand bei Manuskripterarbeitung).

Die genannten Verkaufsstellen führen auch – je nach Situation beim Hersteller – das vorgestellte Sortiment der R-Schaltkreise.

8. Preise (EVP) der vorgestellten R-Schaltkreise

R 109 D	2,20 M	R 211 D	2,75 M
R 110 D	2,20 M	R 244 D	2,75 M
R 220 D	2,50 M	R 281 D	1,25 M
R 205/210 D	3,25 M	R 301 D	2,65 M
R 205 K/210 K	3,80 M		

		min	typ	max	
Gesamtruhestromaufnahme $U_I = 0$	I_{S0}		5	12	mA
innerer Gegenkopplungswiderstand	R_f		7,5		kΩ
Ausgangsspannung ($U_I = 0$)	U_{00}		5		V
Eingangsruhestrom ($U_I = 0$)	I_{I0}		1,1	2,0	µA
geschlossene Spannungsverstärkung	V_{ug}	42	46		dB
Klirrfaktor bei $P_0 = 50$ mW	K		3,5		%
$P_0 = 850$ mW	K		10	14	%

[1] Die Kühlfläche bezieht sich auf eine einseitig kupferkaschierte Platinenfläche, die sich unmittelbar am Bauelement befindet und mit den Anschlüssen 3–5 und 10–12 verlötet ist.

Tabelle 4 Daten des 1,3-W-NF-Verstärkers R 210 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich)

		min	max	
Betriebsspannung	U_S	5	15	V
Eingangsgleichspannung	U_I	−3	+5	V
Eingangsgleichstrom	$-I_I$		2	mA
Ausgangsspitzenstrom	I_{0M}		2,2	A
Ausgangsstoßstrom	I_{ST}		3	A
Verlustleistung bei $\vartheta_a = 25$ °C	P_{tot}		1,3	W
Wärmewiderstand	R_{thjc}		15	K/W
Betriebstemperaturbereich	ϑ_a	−10	+70	°C

Elektrische Kennwerte: ($\vartheta_a = 25$ °C − 5 K, $U_S = 12$ V, $R_L = 4\,\Omega$, gemessen in der Standardmeßschaltung nach TGL 31 456)

		min	typ	max	
Gesamtstromaufnahme	I_{SO}		10	20	mA
geschlossene Spannungsverstärkung	V_{ug}	30	38		dB
Eingangsruhestrom	I_{I0}		0,7		µA
Ausgangsleistung bei k = 10 %	P_o	2,5	3,0		W

Bild 39
Festspannungsregler mit R 205/210 D(K) (Achtung – 10 und 11 sind verbunden)

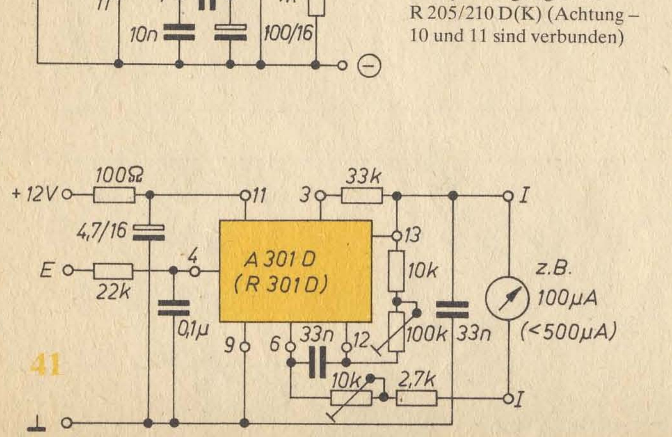


Tabelle 8 Daten des AM-FM-ZF-Verstärkers R 281 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich)

		min	max	
Betriebsspannung	U_S		10	V
Spannung	$U_{2/1}$	−4		V
Spannung	$U_{5/1}$		4	V
Strom	I_2		2	mA
Strom	I_5	2		mA
Strom	I_{13}		3	mA
Umgebungstemperatur	ϑ_a	−10	+70	°C

Die Anschlüsse 6 und 7 dürfen im Betriebsfall nicht länger als 3 s miteinander verbunden sein.

Kennwerte: ($\vartheta_a = 25$ °C − 5 K, f = 455 kHz bzw. 10,7 MHz, $U_S = 9$ V, Meßschaltungen nach TGL 29 108)

		min	typ	max	
Basisstrom T_6 $U_{5/1} = -110$ mV	$-I_5$		35	60	µA
Gesamtstromaufnahme	I_{SO}		6		mA
stabilisierte Spannung	$U_{13/1}$		2,9		V
Übertragungsgewinn $U_I = 10\,\mu V$; $U_R = 0$ V, f = 455 kHz	Gp	59			dB
Übertragungsgewinn $U_I = 30\,\mu V$; $U_R = 0$ V, f = 10,7 MHz	Gp	56			dB
Spannungsverstärkung f = 455 kHz	V_u		88		dB
f = 10,7 MHz	V_u		81		dB
Regelumfang F = 455 kHz	ΔV_u		55		dB
Begrenzungseinsatz f = 10,7 MHz	U_{IT}	390			µV

Bild 40
Bestückungsplan zu Bild 39

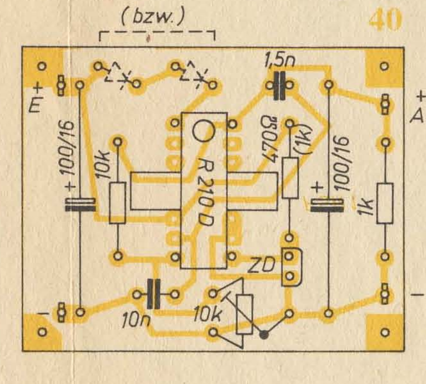


Bild 41
Drehzahlmesser für Benzinmotoren (Näheres siehe z. B. »radio-fernsehen-elektronik« H. 14/77 – Achtung – in Applikationsschriften fehlt ein Punkt!) C zwischen 6 und 12 für 6000 U/min Vollausschlag 0,15 bis 0,2 µF. Lage von 10 kΩ mit 100 kΩ vertauschen. (s. Bild 42)

Bild 42
Bestückungsplan zu Bild 41. Rechtes Potentiometer 100 kΩ, rechter Kondensator für 6000 U/min 0,15 bis 0,2 µF

Tabelle 9 Daten des Initiatorschaltkreises R 301 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich) R 301 D

		min	max	
Betriebsspannung	U_S	4,75	15	V
Ausgangsspannung	U_0	0	15	V
Ausgangsstrom	I_{OL}		50	mA
Strombelastung der stabilisierten Spannung	$-I_{13}$		1	mA
Lastkapazität am Ausgang A_u	C_{13}		47	nF
Umgebungstemperatur	ϑ_a	−25	+70	°C

Kennwerte: (für $\vartheta_a = 25$ °C − 5 K)

		min	typ	max	
Stromaufnahme $U_S = 15$ V, Q und $\overline{Q}$ offen	I_S		11	20	mA
L-Ausgangsspannung an Q und $\overline{Q}$ $U_S = 4{,}75$ V, $I_{OL} = 50$ mA	U_{OL}		0,5	1,5	V
Intern stabilisierte Spannung $U_S = 4{,}75$ V, $-I_{13} = 1$ mA	U_{13}		2,95		V

Tabelle 10 Daten des Markentyps A 301 D

Grenzwerte: (gültig für den Umgebungstemperaturbereich) A 301 D

		min	max	
Betriebsspannung	U_S		27	V
Funktionsbereich	U_S	4,75	27	V
Ausgangsspannung	U_{OH}	0	27	V
Ausgangsstrom	I_{OL}	0	50	mA
Strombelastung der stabilisierten Spannung	$-I_{13}$	0	1	mA
Umgebungstemperatur	ϑ_a	−25	+70	°C

Elektrische Kennwerte: ($\vartheta_a = 25$ °C − 5 K)

		min	typ	max	
Stromaufnahme Q und $\overline{Q}$ offen $U_S = 27$ V	I_S		11,6	18,5	mA
L-Ausgangsspannung an Q bzw. $\overline{Q}$ $U_S = 4{,}75$ V, $I_{OL} = 16$ mA	U_{OL}		95	350	mV
$U_S = 4{,}75$ V, $I_{OL} = 50$ mA	U_{OL}		330	1150	mV
Interne stabilisierte Spannung $U_S = 4{,}75$ V, $-I_{13} = 1$ mA	U_{13}		2,9		V

Tabelle 11 Frequenzkompensation in Abhängigkeit von der Verstärkung und Widerstandsbeschaltung (Beispiel)

Verstärkung	entspricht	R_K	C_{K1}	C_{K2}	R 2 für R 1 = 10 kΩ
1000	60 dB	0	10 pF		10 MΩ
316	50 dB		27 pF	3 pF	3,16 MΩ
100	40 dB		100 pF		1 MΩ
31,6	30 dB	1,5 kΩ	270 pF	10 pF	316 kΩ (330 kΩ)
10	20 dB		470 pF	20 pF	100 kΩ
3,16	10 dB		2700 pF	100 pF	31,6 kΩ (33 kΩ)
1	0 dB		4700 pF	200 pF	10 kΩ

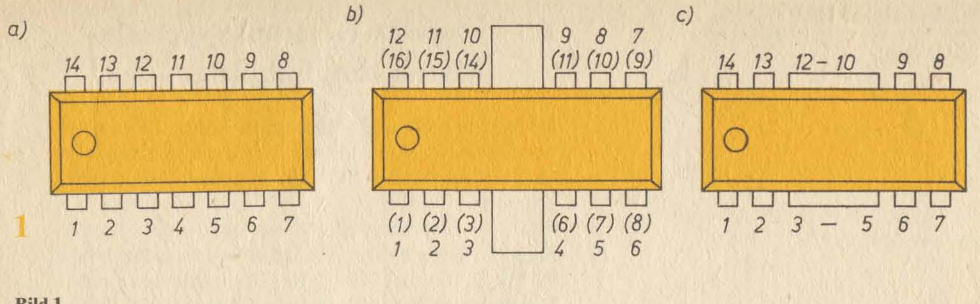


Bild 1
Blick von oben a – auf einen 14poligen »Dual-in-line«-Schaltkreis (d. h.: Anschlüsse parallel in 2 Reihen); b – auf einen 16poligen Leistungsverstärker (R 205 D, R 210 D) mit neuer und (in Klammern) alter Numerierung. Bei Ausführung »K« (mit Kühlkörper) liegt 1 (ebenfalls von oben gesehen) links unten, wenn die Beschriftung auf dem Kühlkörper oben lesbar ist; c – 14poliger Leistungsverstärker R 211 D

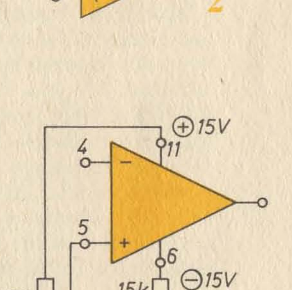
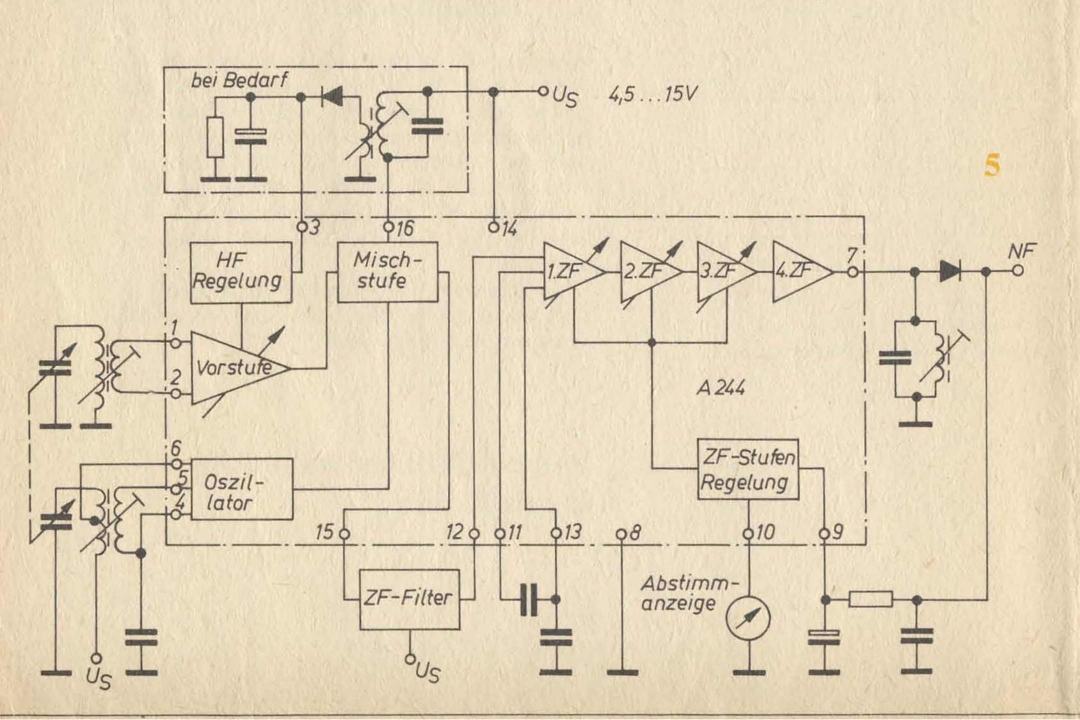


Bild 2
Symbol eines Operationsverstärkers mit invertierendem (–) und nichtinvertierendem (+) Eingang; Betriebsspannungs- und Kompensationsanschlüsse nicht dargestellt

Bild 3
Offsetkompensation zur Einstellung von 0 V gegen Masse am Ausgang, was bei höherer Verstärkung und ohne Eingangssignal sonst nicht garantiert ist; mit Außenbeschaltung (Beispiel)

Bild 5
Innenschaltung des AM-Empfängerschaltkreises R 244 D in Übersichtsdarstellung (gestrichelt umrandeter Teil) sowie grundsätzliche Außenbeschaltung



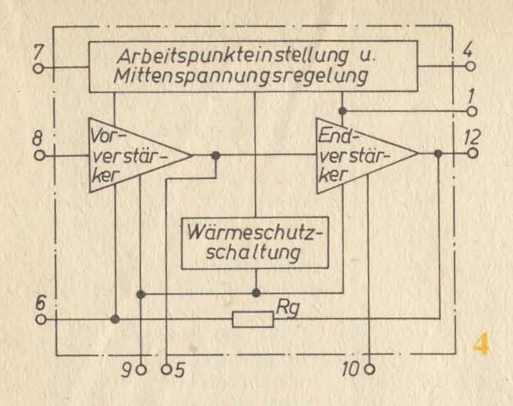


Bild 4
Innenschaltung des NF-Leistungsverstärkers R 210 D mit Wärmeschutzschaltung (Übersichtsdarstellung)

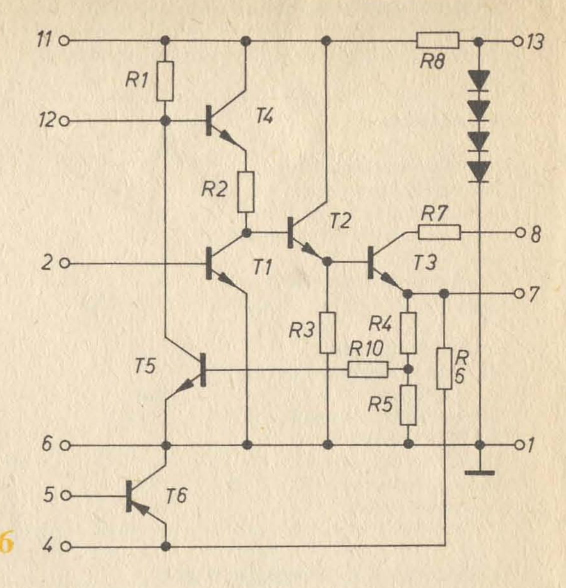
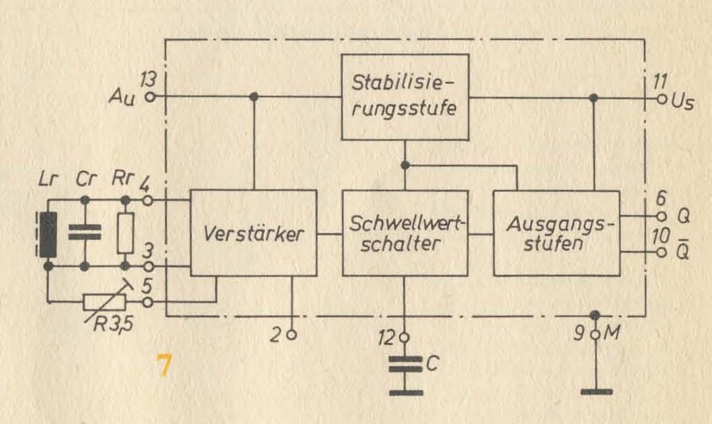


Bild 6
Innenschaltung des AM-FM-ZF-Verstärkers R 281 D

Bild 7
Innenschaltung des R 301 D in Übersichtsdarstellung



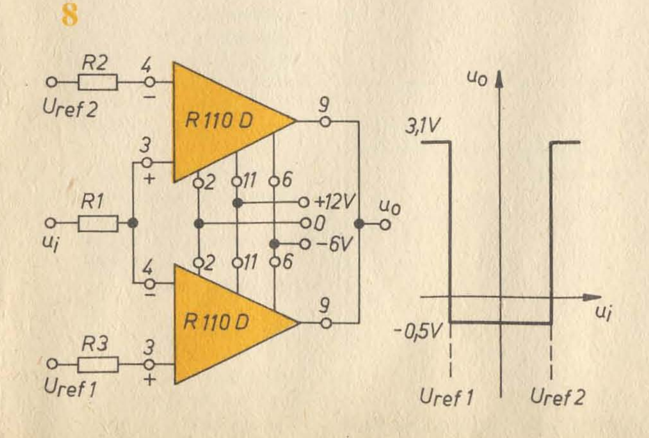


Bild 8
Fensterdiskriminator – schaltet nur im Eingangsspannungsbereich zwischen den beiden Referenzspannungen am Ausgang auf tiefes Potential. a – Stromlaufplan, b – Ausgangsverhalten (u_0) in Abhängigkeit von der Eingangsspannung

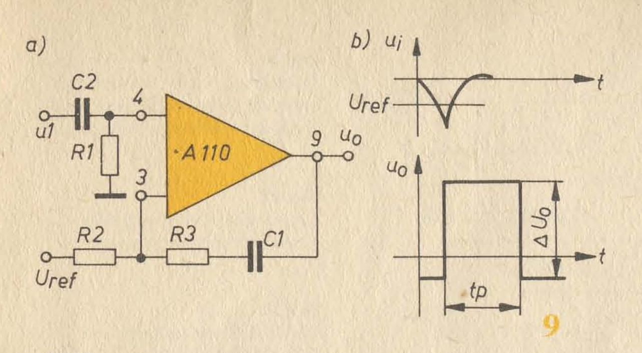


Bild 9
a – Stromlaufplan, b – Impulsverhalten eines monostabilen Multivibrators hoher Ansprechgenauigkeit mit R 110 D

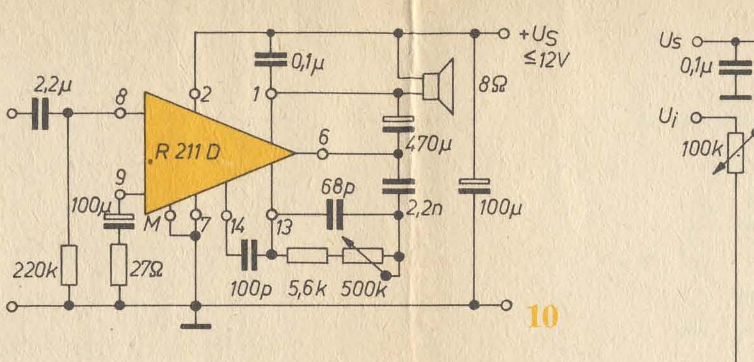


Bild 10
R 211 D in einer Anwendung mit »Tonblende« (einstellbare Höhenabsenkung)

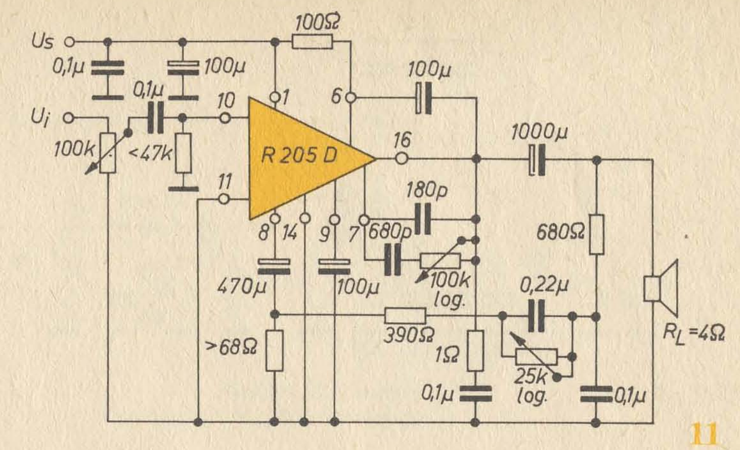
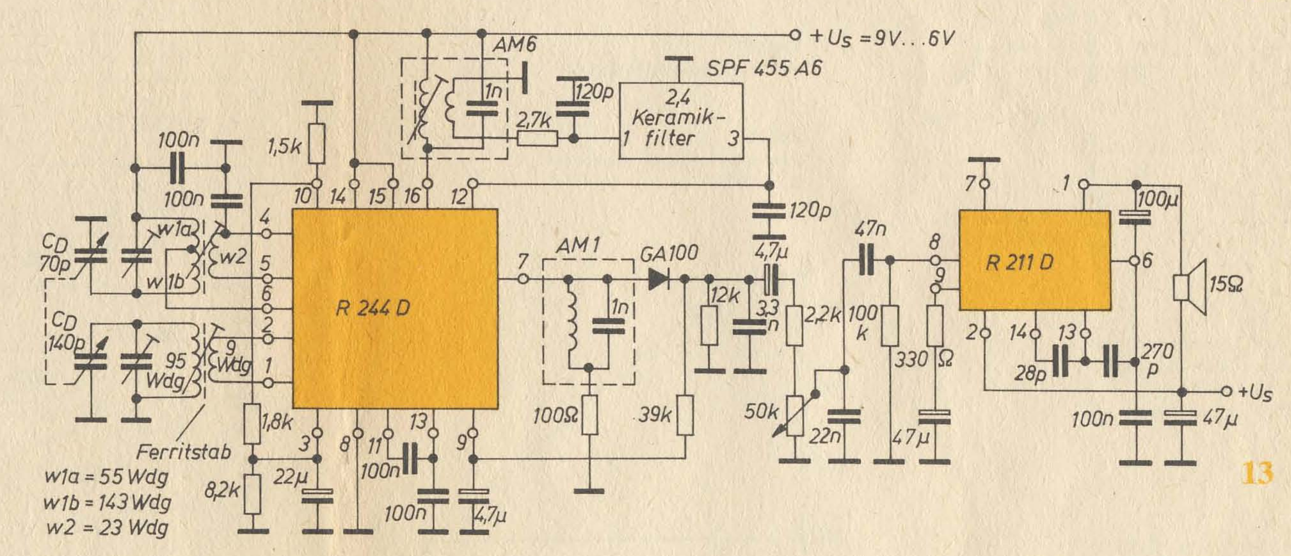


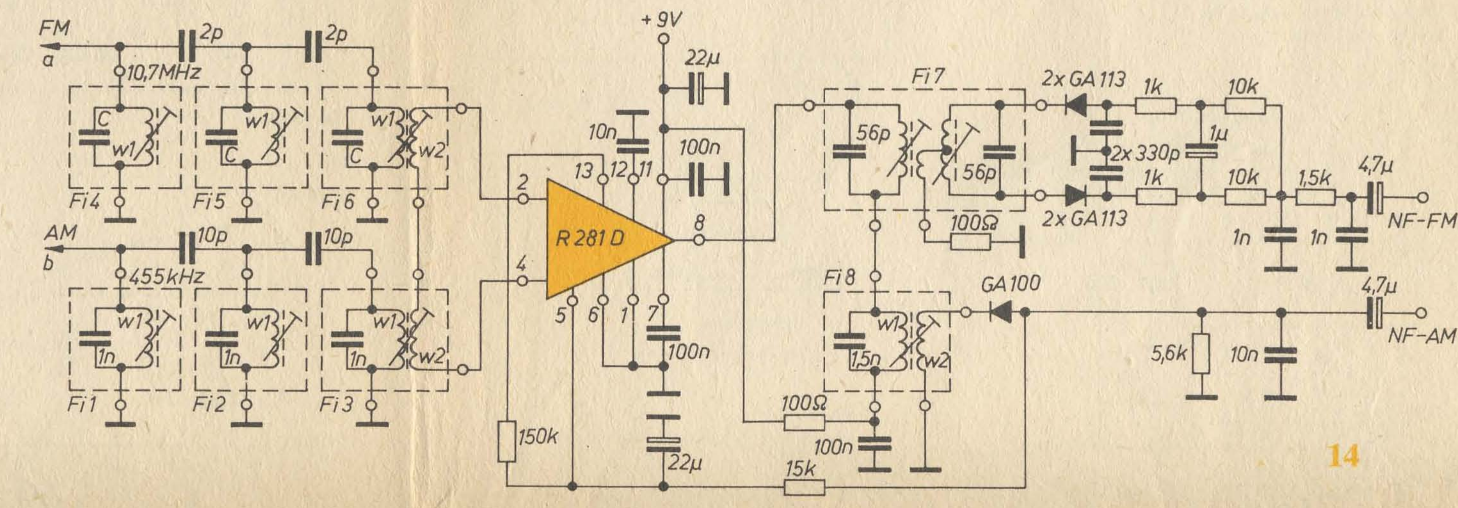
Bild 11
R 205/210 D mit Klangbeeinflussung durch Gegenkopplungsänderung

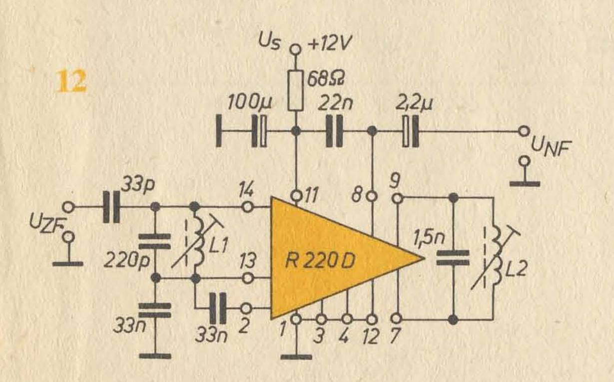
Bild 12
5,5-MHz-Ton-ZF-Verstärker mit R 220 D – eine typische, noch relativ einfache Anwendung

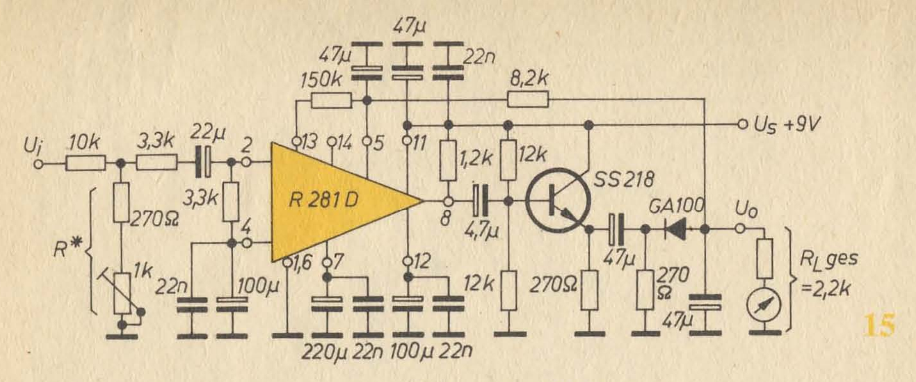
Bild 13
Vollständiger Mittelwellensuper mit R 244 D und R 211 D

Bild 14
Typische Anwendungsschaltung des R 281 D in AM-FM-Empfängern;
a, b: zur FM- bzw. AM-Mischstufe;
AM-Filter: Fi 1 bis Fi 3 w1 75 Wdg., w2 10 Wdg., Fi 8 w1 60 Wdg. w2 45 Wdg.; FM-Filter: Fi 4 bis Fi 6 w1 23 Wdg., w2 3 Wdg.; Fi 7 Industriefilter; C 100 pF









0 dB ≙ U_i = 0,775 V

Eichen △ U_i +10 dB:
U_o mit R* auf 0,38 V einstellen

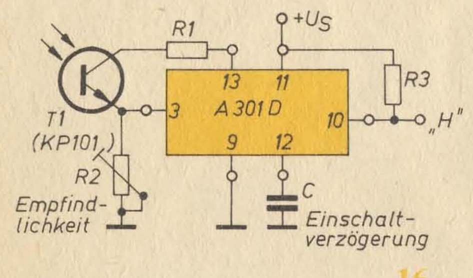


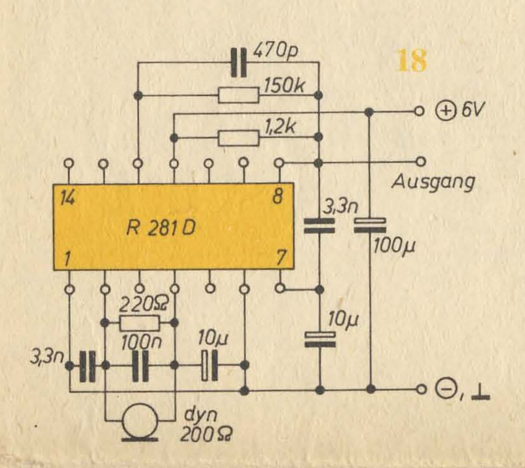
Bild 15
NF-Pegelmesser mit R 281 D

Bild 16
Empfindliche Lichtschranke mit R 301 D

Bild 17
Lötdauer und Löttemperatur sind so zu wählen, daß die Schnittpunkte dieser Größen im schraffierten Bereich liegen

Bild 18
Mikrofonverstärker mit R 281 D (Aufbauvorschlag, Schaltkreis von oben gesehen)

Temperatur
300°C A B
280
260
240 D C
2 2,53 4 6 8 10 s
Lötdauer
17



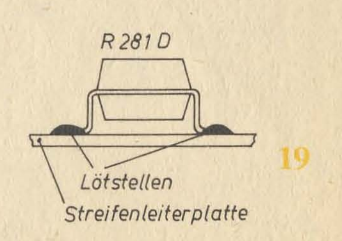


Bild 19
Montage des Schaltkreises im Beispiel

470p
150k
⊕6V
1,2k
A
14
8
R 281 D
1
7
3,3n
150k
10µ
100µ
2xGA100 o.ä.
220Ω
100n
10µ
10µ
10k
10µ
3,3n
10µ
⊖, ⊥
5…10k
20

⊕ 5…6V
1,2k
A
14
8
R 281 D
„f"
1M
100µ
1
7
3,3k
10µ
1n
10µ
⊖
21

bei Bedarf
Schalenkern 14x8 o.ä.
220Ω
6…9V
⊕
22p
22n
150k
L ≈ 6µH
47µ
0,1µ
8…15Ω
>1W
270p
80 Wdg
68Ω
1Wdg
R 281 D
10n
1µ
R 211 D
100…470µ
2x GA 100
15k
22k
27Ω
47µ
47n
10n
47n
10µ
10n
5k
82p 390p
470µ
Ferritstab
H (hochohmig)
K = Kühlfahnen
⊖
22
a)
b)

V[dB]
100
80
60
40
20
0
R_K = 0
C_{K1} = 10 pF
C_{K2} = 3 pF
$\frac{R2}{R1}$ = 1000
1 10 100 1000
f [kHz]

R2
C_{K2}
+U
E
≈R1
A
R1
R_K
−U
C_{K1}
23

Bild 20
Möglichkeit einer Verstärkungsregelung: Je höher Eingangsspannung, um so niedriger Verstärkung

Bild 21
Tongenerator mit sehr großem Einstellbereich der Frequenz

Bild 22
Einfacher Ortsempfänger mit R 281 D und R 211 D

Bild 23
Frequenzabhängigkeit der Verstärkung bei einem R 109 D mit und ohne Gegenkopplung

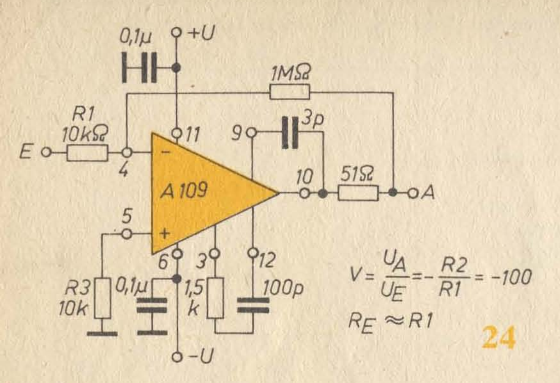


Bild 24
Grundschaltung eines invertierenden Verstärkers mit R 109 D (Werte sind Beispiel)

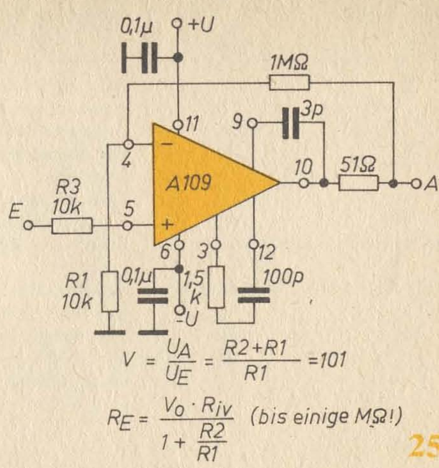
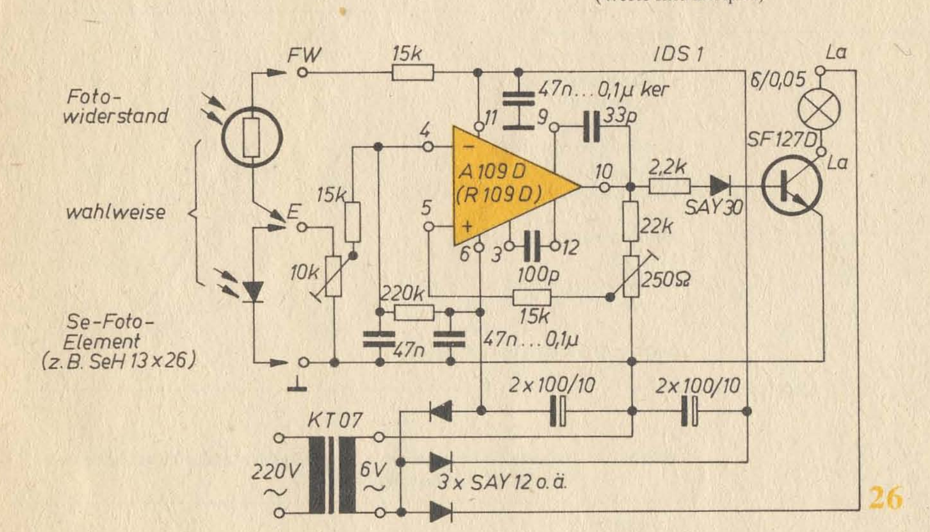


Bild 25
Grundschaltung eines nichtinvertierenden Verstärkers mit R 109 D (Werte sind Beispiel)



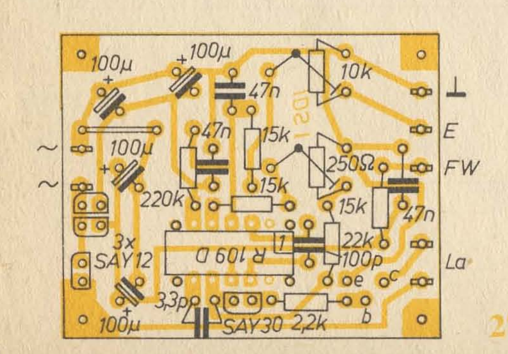
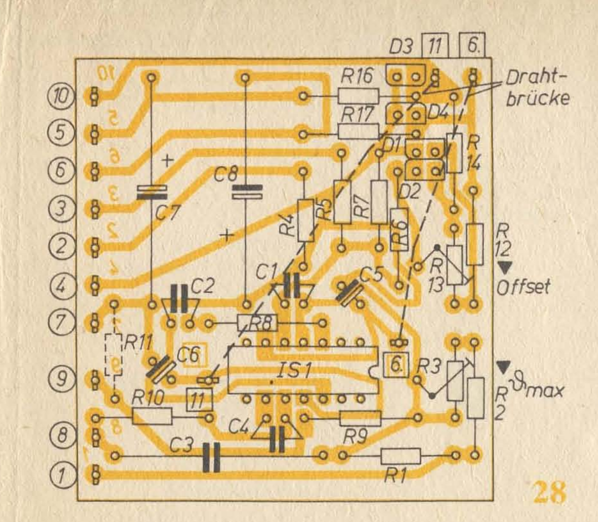


Bild 26
Dämmerungsschalter mit R 109 D als Beispiel eines Schwellwertschalters; Speisung aus Klingeltransformator KT 07

Bild 27
Leiterplatte zu Bild 26: Bestückungsplan



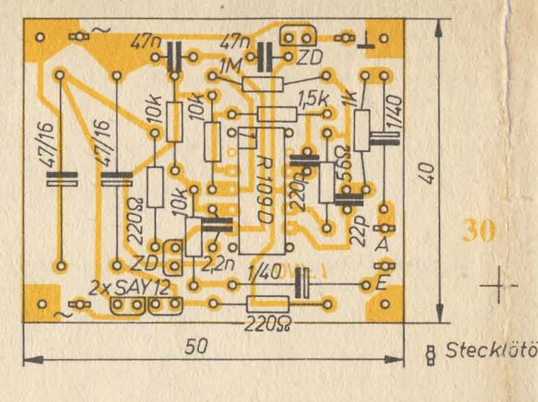


Bild 30
Leiterplatte zu Bild 29: Bestückungsplan

Bild 32
Gesamtleiterplatte mit beiden Seiten für 2 × R 211 D nach Bild 31: Bestückungsplan

Bild 33
Bestückungsplan zur Leiterplatte mit R 211 D und Vorstufe nach Bauplan Nr. 39. Leiterbild kann von »typofix«-Blatt 2558 abgerieben werden; Stromlaufplan siehe Bauplan Nr. 39, Korrekturfolie auf typofix-Blatt 2!

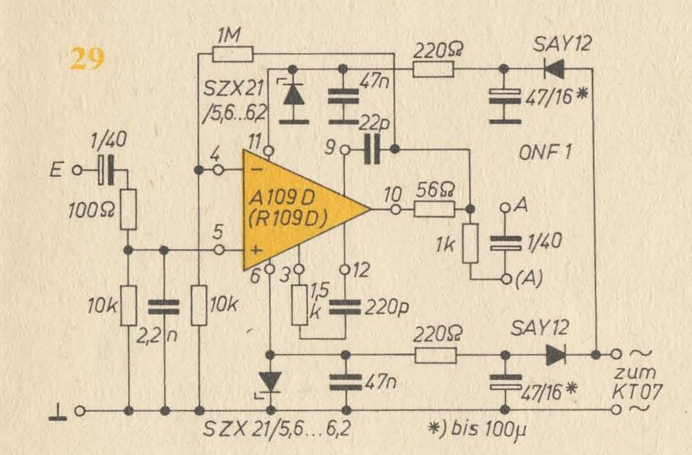
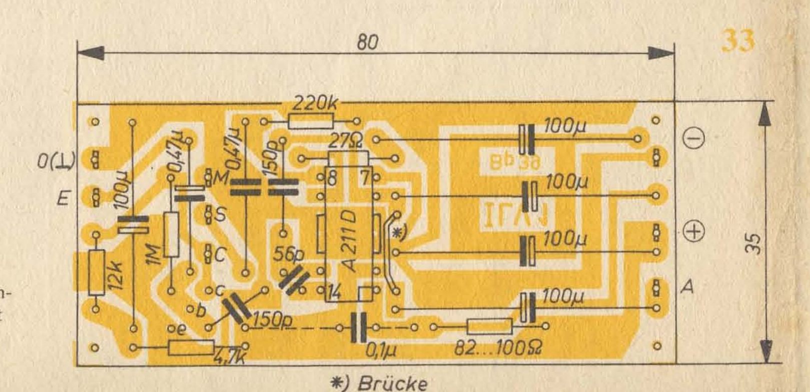
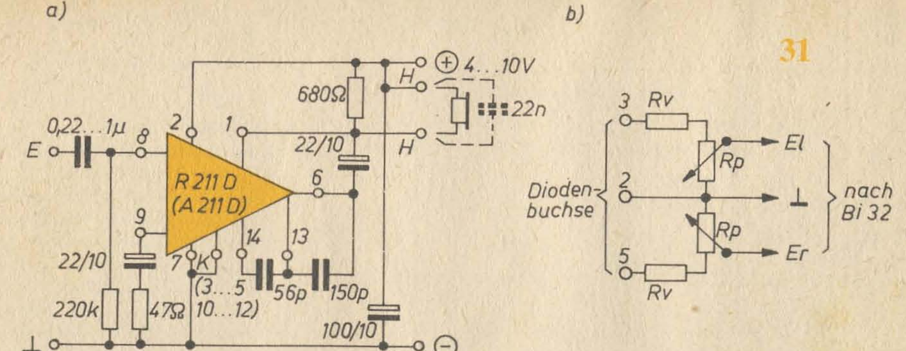


Bild 28
Thermometerbaustein mit R 109 D nach Bauplan Nr. 34 (Stromlaufplan siehe dort): Bestückungsplan

Bild 29
R 109 D als NF-Verstärker (eingestellte Verstärkung: 100) mit eigener Stromversorgung für Speisung aus KT 07







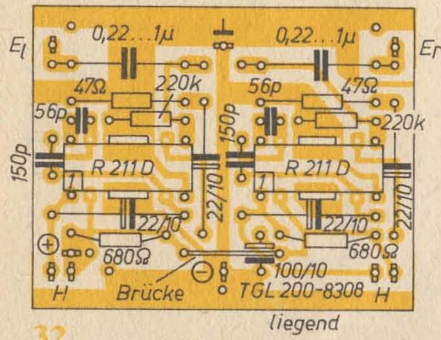


Bild 31
a – Kleinstereoverstärker mit 2 × R 211 D, z. B. als Stereo-Kopfhörerverstärker geeignet (nur eine Seite dargestellt), b – Anschluß an Tonquelle über Diodenkabel (R-Werte siehe Text) und an Gesamtleiterplatte nach Bild 32

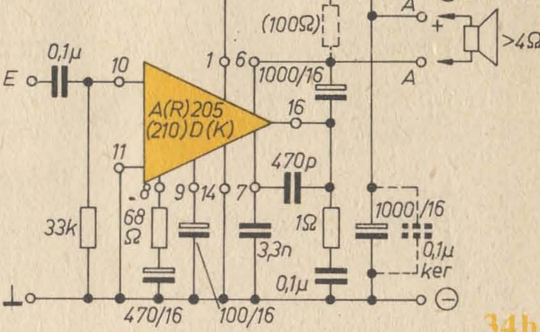


Bild 34
a – für die Leiterplatte nach b gewählte Beschaltung eines R 205/210 D(K) für 1,3- bis 5-W-Endstufe (geeignet für kleine Versorgungsspannung; bei Speisung aus Netzteil ggf. im Sinne von Bild 11 Ausgangsbeschaltung ändern, d. h. Last gegen Masse), b – Bestückungsplan (bei D-Typ ggf. zusätzliche Kühlflügel aus Kupfer, Messing oder Aluminium anschrauben, dann steigt die zulässige Verlustleistung entsprechend an)

